

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Marko Jeftić**

Zagreb, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica, dipl.ing.

Student:

Marko Jeftić

Zagreb, 2012.

## Zadatak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarški i inženjersko modeliranje i računalne  
simulacije

|  |        |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu<br>Fakultet strojarstva i brodogradnje |        |
| Datum  | Prilog |
| Klasa:   |        |
| Ur.broj:   |        |

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student:

Mat. br.:

Naslov:

Opis zadatka:

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Mladen Andrassy

Referada za diplomske i završne ispite

Obrazac DS – 3A/PDS – 3A

## ***Izjava***

---

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem svome mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici za upućivanje na odabranu temu, kao i na savjetima i pomoći koju mi je pružio tijekom izrade ovoga rada.

Marko Jeftić

## **Sažetak**

---

Ovaj rad daje pregled procesa i tehnologija uključenih u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce. To može poslužiti kao osnova za projektiranje postrojenja bilo koje veličine, jer daje pregled ovisnosti osnovnih utjecajnih veličina o željenom kapacitetu i vrsti hrane. Također, nudi uvid i u poslovne procese u projektiranju koji se redovito pojavljuju i na koje je potrebno obratiti pozornost jer i njihovo optimiranje je korak ka skraćanju vremena projektiranja.

U radu su obuhvaćeni i novi trendovi u proizvodnji hrane za kućne ljubimce, a time i tema održive proizvodnje, sa pregledom rješenja za uštedu energije i smanjenje gubitaka, uz brigu o štetnosti na okolinu. Za realizaciju nekih od ponuđenih rješenja bit će potrebno razmatranje već u ranim fazama projektiranja.

Daljnji razvoj djelatnosti projektiranja ove vrste postrojenja uključuje usku suradnju sudionika u procesu, kako bi se broj iteracija u projektiranju smanjio, a njihovo trajanje skratilo. Ovo će zahtijevati primjenu naprednih metoda istodobnog inženjerstva, sa točno specificiranim sudionicima, aktivnostima, i uz korištenje softverskih alata u planiranju i projektiranju, što je od posebnog interesa za nevelike projektantske urede

# S A D R Ź A J

|  |           |
|--|-----------|
| Zadatak .....  | I         |
| Izjava .....   | II        |
| Sažetak .....  | III       |
| Popis oznaka i mjernih jedinica fizikalnih veličina .....                            | VII       |
| Popis slika .....  | IX        |
| Popis tablica .....  | XI        |
| <b>1. UVOD - KUĆNI LJUBIMCI I PROIZVODNJA NJIHOVE HRANE .....</b>                    | <b>1</b>  |
| <b>2. HRANA ZA KUĆNE LJUBIMCE – SASTAV, KOLIČINA I AMBALAŽA .....</b>                | <b>3</b>  |
| <b>2.1. SASTAV HRANE ZA KUĆNE LJUBIMCE .....</b>                                     | <b>3</b>  |
| 2.1.1. Životinjski proteini .....  | 4         |
| 2.1.2. Biljni proteini .....   | 4         |
| 2.1.3. Masti životinjskog podrijetla .....   | 5         |
| 2.1.4. Gubitak hranjivih tvari i aditivi .....                                       | 6         |
| <b>2.2. PROIZVODNE KOLIČINE .....</b>  | <b>6</b>  |
| 2.2.1. Izračun proizvodne količine hrane za kućne ljubimce .....                     | 7         |
| 2.2.2. Raspodjela količine suhe i vlažne hrane za pse i mačke .....                  | 8         |
| 2.2.3. Određivanje vremena za proizvodnju pojedinih vrsta hrane .....                | 10        |
| 2.2.4. Potrebni proizvodni kapaciteti za proizvodnju suhe i vlažne hrane .....       | 11        |
| <b>2.3. ODABIR VRSTE AMBALAŽE .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>3. PROIZVODNI PROCESI, STROJEVI I OPREMA .....</b>                                | <b>15</b> |
| <b>3.1. PRIPREMA PRIPRAVKA ZA HRANU ZA KUĆNE LJUBIMCE .....</b>                      | <b>17</b> |
| 3.1.1. Usitnjavanje žitarica .....   | 18        |
| 3.1.2. Usitnjavanje i predkuhanje mesa za konzerviranu hranu za kućne ljubimce ..... | 22        |
| 3.1.3. Miješanje sirovina u pripravak za proizvodnju hrane za kućne ljubimce .....   | 23        |
| <b>3.2. EKSTRUDIRANJE PRIPRAVKA ZA HRANU ZA KUĆNE LJUBIMCE .....</b>                 | <b>25</b> |
| 3.2.1. Funkcija i dijelovi kondicionera .....  | 26        |
| 3.2.2. Funkcija i dijelovi ekstrudera .....  | 28        |
| 3.2.3. Odrezivanje ekstrudata na pelete .....  | 29        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.3. DORADA EKSTRUDIRANIH PELETA .....</b>                          | <b>32</b> |
| 3.3.1. Sušenje peleta .....  | 33        |
| 3.3.2. Premazivanje peleta .....                                       | 36        |
| <b>3.4. PAKIRANJE.....</b>   | <b>37</b> |
| 3.4.1. Stroj za uvrećavanje.....                                       | 38        |
| 3.4.2. Kombinajski punjači .....                                       | 39        |
| 3.4.3. Raspodjela operacija pakiranja na raspoložive strojeve.....     | 41        |
| 3.4.4. Konzerviranje priprava u liniji vlažne hrane.....               | 42        |
| <b>3.5. TRANSPORT .....</b>  | <b>43</b> |
| 3.5.1. Transport žitarica .....  | 43        |
| 3.5.2. Transport ekstrudiranih peleta .....                            | 44        |
| 3.5.3. Transporti u liniji vlažne hrane .....                          | 45        |
| <b>3.6. OSTALI PROCESI U PROIZVODNJI HRANE ZA KUĆNE LJUBIMCE .....</b> | <b>45</b> |
| 3.6.1. Priprema vode i zraka .....                                     | 45        |
| 3.6.2. Priprema masnoća.....   | 46        |
| 3.6.3. Sterilizacija i sušenje konzervi.....                           | 47        |
| 3.6.4. Otpad u proizvodnji hrane za kućne ljubimce.....                | 47        |
| <b>4. POSLOVNI PROCESI.....</b>  | <b>48</b> |
| <b>5. PROJEKTIRANJE SUSTAVA ZA PROIZVODNJU .....</b>                   | <b>50</b> |
| <b>5.1. DIJAGRAMI TOKA PROIZVODNJE.....</b>                            | <b>51</b> |
| <b>5.2. ODABIR STROJEVA I OPREME ZA PROIZVODNJU .....</b>              | <b>58</b> |
| 5.2.1. Mlinovi za žitarice .....                                       | 58        |
| 5.2.2. Grubi i fini čistači .....                                      | 59        |
| 5.2.3. Miješalice.....   | 60        |
| 5.2.4. Sustavi za ekstrudiranje, sušenje i premaze peleta.....         | 62        |
| 5.2.5. Kombinajski punjači .....                                       | 62        |
| 5.2.6. Strojevi za uvrećavanje .....                                   | 63        |
| 5.2.7. Strojevi za punjenje i zatvaranje konzervi .....                | 64        |
| 5.2.8. Tunel za sterilizaciju, sušenje i hlađenje konzervi.....        | 64        |
| 5.2.9. Strojevi za lijepljenje naljepnica .....                        | 65        |
| 5.2.10. Ostala oprema .....  | 66        |
| 5.2.11. Tablični prikaz svih potrebnih strojeva i opreme.....          | 67        |
| <b>5.3. PROSTORNI PLAN POSTROJENJA.....</b>                            | <b>68</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.4. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I ZONE OPASNOSTI OD POŽARA.....</b>      | <b>70</b> |
| 5.4.1. Ukupna potrošnja električne energije za odabrane strojeve i opremu..... | 70        |
| 5.4.2. Prašina i zone opasnosti od požara .....                                | 71        |
| <br><b>6. UPRAVLJANJE PROIZVODNIM PROCESIMA .....</b>                          | <b>72</b> |
| <br><b>6.1. PARAMETRI PRI UPRAVLJANJU PROIZVODNOM .....</b>                    | <b>73</b> |
| 6.1.1. Parametri upravljanja pri pripremi smjese .....                         | 73        |
| 6.1.2. Parametri upravljanja pri termičkoj obradi pripravka .....              | 74        |
| 6.1.3. Ostali parametri upravljanja.....                                       | 76        |
| <br><b>6.2. NAČINI AUTOMATIZACIJE PROCESA .....</b>                            | <b>77</b> |
| <br><b>7. NOVI TRENDOWI U PROIZVODNJI HRANE ZA KUĆNE LJUBIMCE .....</b>        | <b>79</b> |
| <br><b>7.1. ODRŽIVA PROIZVODNJA .....</b>                                      | <b>80</b> |
| 7.1.1. Recikliranje toplinske energije zraka iz sušare .....                   | 81        |
| 7.1.2. Omjer toplinske i mehaničke energije u procesu ekstrudiranja .....      | 82        |
| 7.1.3. Gubici topline i izravno ubrizgavanje pare .....                        | 82        |
| <br><b>7.2. RJEŠENJA ZA REDUKCIJU NEUGODNIH MIRISA .....</b>                   | <b>83</b> |
| <br><b>8. ZAKLJUČAK .....</b>  | <b>86</b> |
| <br><b>9. LITERATURA.....</b>  | <b>89</b> |



### ***Popis oznaka i mjernih jedinica fizikalnih veličina***

| Oznaka      | Mjerna jedinica | Fizikalna veličina   |
|-------------|-----------------|--|
| $B$         | mm              | početna duljina čestice  |
| $b_1$       | mm              | duljina manje čestice  |
| $b_2$       | mm              | duljina veće čestice   |
| $f$         |                 | faktor umanjenja radi nižeg standarda u odnosu na Njemačku   |
| $n_{st,HR}$ |                 | broj stanovnika u Hrvatskoj u milijunima   |
| $n_{st,NJ}$ |                 | broj stanovnika u Njemačkoj u milijunima   |
| $P$         | kW              | snaga stroja   |
| $p_s$       | %               | udio suhe hrane za pse i mačke u ukupnoj proizvodnoj količini suhe i vlažne hrane za pse i mačke   |
| $p_v$       | %               | udio vlažne hrane za pse i mačke u ukupnoj proizvodnoj količini suhe i vlažne hrane za pse i mačke |
| $Q_{HR}$    | t/a             | približna godišnja količina prodane hrane za kućne ljubimce u Hrvatskoj                            |
| $Q_{NJ}$    | t/a             | količina prodane hrane za kućne ljubimce u Njemačkoj u 2010. godini                                |
| $Q_s$       | t/a             | proizvodna količina suhe hrane za pse i mačke  |
| $Q_{s,m}$   | t/mjesec        | potreban mjesečni proizvodni kapacitet suhe hrane za mačke   |
| $Q_{s,p}$   | t/mjesec        | potreban mjesečni proizvodni kapacitet suhe hrane za pse   |
| $Q_{sm}$    | t/h             | stvarni proizvodni kapacitet suhe hrane za mačke   |
| $Q_{sp}$    | t/h             | stvarni proizvodni kapacitet suhe hrane za pse   |
| $Q_{uk}$    | t/a             | ukupna količina proizvedene suhe i vlažne hrane za pse i mačke                                     |
| $Q_v$       | t/a             | proizvodna količina vlažne hrane za pse i mačke  |

|           |          |  |
|-----------|----------|--|
| $Q_{v,m}$ | t/mjesec | potreban mjesečni proizvodni kapacitet vlažne hrane za mačke |
| $Q_{v,p}$ | t/mjesec | potreban mjesečni proizvodni kapacitet vlažne hrane za pse   |
| $Q_{vm}$  | t/h      | stvarni proizvodni kapacitet vlažne hrane za mačke           |
| $Q_{vp}$  | t/h      | stvarni proizvodni kapacitet vlažne hrane za pse             |
| $t_{s,m}$ | %        | udio vremena za proizvodnju suhe hrane za mačke              |
| $t_{s,p}$ | %        | vremena za proizvodnju suhe hrane za pse                     |
| $t_{v,m}$ | %        | udio vremena za proizvodnju vlažne hrane za mačke            |
| $t_{v,p}$ | %        | udio vremena za proizvodnju vlažne hrane za pse              |
| $W_1$     | J        | rad potreban za usitnjavanje čestica na veličinu $b_1$       |
| $W_2$     | J        | rad potreban za usitnjavanje čestica na veličinu $b_2$       |

## ***Popis slika***

---

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Slika 1.  | Raspodjela vremena s naznačenim potrebnim proizvodnim kapacitetima za proizvodnju različitih tipova hrane ..... | 12 |
| Slika 2.  | Pojednostavljeni dijagram toka proizvodnje suhe hrane .....   | 16 |
| Slika 3.  | Pojednostavljeni dijagram toka proizvodnje vlažne konzervirane hrane .....                                      | 16 |
| Slika 4.  | Princip rada strojeva za usitnjavanje trenjem [7] .....   | 21 |
| Slika 5.  | Specifična potrošnja energije za mljevenje zrna pšenice na različitim tipovima mlinova [7] .....                | 22 |
| Slika 6.  | Primjer vertikalne i horizontalne miješalice [8] .....  | 24 |
| Slika 7.  | Shema sustava za ekstrudiranje [2] .....  | 25 |
| Slika 8.  | Kondicioner s lopaticama [8] .....  | 26 |
| Slika 9.  | Zone dvopužnog ekstrudera [9] .....   | 28 |
| Slika 10. | Ovisnost brzine rotacije puža ekstrudera o utrošku specifične mehaničke energije [2] .....                      | 28 |
| Slika 11. | Sustav kanala s matricom na izlazu iz ekstrudera [9] .....  | 30 |
| Slika 12. | Noževi za odrezivanje ekstrudata [9] .....  | 30 |
| Slika 13. | Horizontalni tračni tip sušare [2] .....  | 33 |
| Slika 14. | Vertikalni tip sušare [2] .....   | 34 |
| Slika 15. | Krivulje sušenja proizvoda [2] .....  | 35 |
| Slika 16. | Izvedbe cilindara za premaze peleta [2] .....   | 36 |
| Slika 17. | Stroj za uvrećavanje [2] .....  | 39 |
| Slika 18. | Stroj za kombinacijsko punjenje sa strojem za uvrećavanje [11] .....  | 40 |
| Slika 19. | Dijagram raspodjele operacija pakiranja na raspoložive strojeve .....   | 42 |
| Slika 20. | Horizontalni i kosi pužni transporter sa usipnim košem .....  | 43 |
| Slika 21. | Princip pneumatskog transporta peleta .....   | 44 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Slika 22. | Dijagram toka operacija za pripremu pojedine žitarice za miješanje.....  | 51 |
| Slika 23. | Dijagram toka operacija proizvodnje suhe hrane za kućne ljubimce .....   | 53 |
| Slika 24. | Dijagram toka operacija proizvodnje vlažne hrane za kućne ljubimce ..... | 54 |
| Slika 25. | Shema toka proizvodnje cijelog postrojenja.....                          | 56 |
| Slika 26. | Mlin čekićar [12] .....  | 59 |
| Slika 27. | Grubi čistač žitarica [12] .....   | 59 |
| Slika 28. | Fini čistač žitarica [12] .....  | 60 |
| Slika 29. | Miješalica žitarica i mesne paste za liniju suhe hrane [12] .....        | 61 |
| Slika 30. | Miješalica žitarica i mesa u liniji vlažne hrane [12].....               | 61 |
| Slika 31. | Sustav za ekstrudiranje, sušenje i premaze peleta [12] .....             | 62 |
| Slika 32. | Kombinacijski punjač [12] .....  | 63 |
| Slika 33. | Stroj za uvrećavanje [12].....   | 63 |
| Slika 34. | Stroj za punjenje i zatvaranje konzervi [12].....                        | 64 |
| Slika 35. | Tunel za sterilizaciju, sušenje i hlađenje konzervi [12].....            | 65 |
| Slika 36. | Stroj za lijepljenje naljepnica na konzerve [12] .....                   | 65 |
| Slika 37. | Prostorni plan postrojenja.....  | 69 |
| Slika 38. | Potrošnja energije tijekom procesa ekstrudiranja i sušenja [15] .....    | 80 |
| Slika 39. | Udio potrošnje energije za različite operacije [15].....                 | 81 |
| Slika 40. | Princip rada sustava izravnog ubrizgavanja [16].....                     | 83 |

---

**Popis tablica**

---

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tablica 1.  | Gubici vitamina tijekom ekstrudiranja [2].....                                      | 4  |
| Tablica 2.  | Utjecaj razine masti u ekstrudatu na svojstva hrane [2] .....                       | 6  |
| Tablica 3.  | Količina i udio hrane za pse i mačke prodane u Njemačkoj u 2010. [4].....           | 9  |
| Tablica 4.  | Ovisnost vlažnosti zrna o mehaničkim svojstvima [7].....                            | 19 |
| Tablica 5.  | Američki normativi meljave za razne grupe sirovina [7] .....                        | 20 |
| Tablica 6.  | Ovisnost broja okretaja noža o kapacitetu ekstrudera i željenoj duljini peleta..... | 32 |
| Tablica 7.  | Ovisnost broja ciklusa pakiranja o odabiru ambalaže .....                           | 38 |
| Tablica 8.  | Potreban volumen i visina ćelije za pojedinu vrstu žitarica .....                   | 66 |
| Tablica 9.  | Prikaz svih potrebnih strojeva i opreme .....                                       | 67 |
| Tablica 10. | Potrošnja električne energije odabranih strojeva i opreme.....                      | 70 |
| Tablica 11. | Parametri upravljanja pri pripremi smjese.....                                      | 74 |
| Tablica 12. | Parametri upravljanja pri termičkoj obradi pripravka .....                          | 75 |
| Tablica 13. | Ostali parametri upravljanja .....  | 76 |

# 1. UVOD - KUĆNI LJUBIMCI I PROIZVODNJA NJIHOVE HRANE

---

Već stoljećima čovjek brine o kućnim ljubimcima. Psi, mačke ili neke druge životinje, postaju dio kućanstva kao članovi koji zahtijevaju brigu i njegu, ali za uzvrat čovjeku nude svoje društvo. Briga o kućnim ljubimcima podrazumijeva osiguravanje njihove hrane, pića, opreme i pribora za njihovu zabavu i rekreaciju, brigu za zdravlje i ostale ne manje bitne stavke. Sve ovo uvjetovalo je brzom razvoju industrije za hranu, ali i za opremu i pribor za kućne ljubimce.

Industrija hrane za kućne ljubimce već je godinama unosan posao. U nedostatku vremena za pripravu hrane za kućne ljubimce u svojim domovima, ljudi se okreću ka kupnji gotovih pripravaka. Ovi se pripravci značajno razlikuju u kvaliteti, no svejedno svaki od njih nađe svoje potrošače. Prema podacima američkog Instituta za hranu za kućne ljubimce, *Pet Food Institute*, 2008. godine u SAD-u je vrijednost trgovine hranom za kućne ljubimce iznosila oko 17 milijardi dolara za preko sedam milijuna tona hrane, sa dodatnih 1,3 milijardi dolara u trgovini opremom i priborom za kućne

ljubimce. Ovo je ostvareno u svega 300-tinjak tvornica, što većih što manjih, diljem SAD-a. Ostatak svijeta ne zaostaje puno za ovim brojevima.

Kroz ovaj rad opisat će se procesi i specificirati oprema za jedan takav proizvodni sustav tvornice za proizvodnju hrane za kućne ljubimce. Na temelju podataka o proizvodu koji se želi proizvesti, bit će obuhvaćena cijela proizvodna linija, od ulaza odnosno sirovina koje ulaze u proces, preko pojedinih strojeva, uređaja i transportnih linija, do gotovog zapakiranog proizvoda, spremnog za transport do kupca, odnosno potrošača. Isto tako, razmotrit će se i način upravljanja ovakvim proizvodnim sustavom, te konačno, dati pregled nekih rješenja za unapređivanje i mogućnosti implementacije novih tehnologija u ovoj grani industrije.

Bitno je napomenuti da je ovo jedna od grana industrije koja je osjetljiva na nesavršenosti proizvodnog sustava, upravo zato jer se radi o hrani<sup>1</sup>. Tvornice hrane za kućne ljubimce su podložne neprestanim i rigoroznim kontrolama kvalitete, a svako odstupanje od zakonom i pravilnikom propisanog sadržaja u hrani ili vrsti proizvodnog procesa može rezultirati zatvaranjem kompletnog pogona.

U skladu s tim, projektiranje proizvodnog pogona za proizvodnju hrane za kućne ljubimce bit će izuzetno zahtjevan projekt, a svaki dio pogona morat će se pažljivo razraditi kako bi se sve eventualne nepravilnosti u radu pogona predvidjele i eliminirale.

Svrha ovoga rada u svom najširem smislu je dobiti uvid u tehnologije proizvodnje hrane za kućne ljubimce, pokazati ovisnost vrste proizvodnih procesa o sastavu i karakteristikama hrane, specificirati potrebne strojeve i opremu, te opisati odgovarajuće sustave pakiranja hrane za kućne ljubimce. Isto tako, prikazat će se parametri upravljanja o kojima procesi proizvodnje ovise i opisati mogućnosti automatizacije ovakvog pogona. Na koncu, dat će se pregled novih trendova i tehnologija u ovoj vrsti proizvodnje.

---

<sup>1</sup> U pogledu opsežnosti i zahtjeva na propisane norme, kontrole kvalitete sastojaka i procesa u proizvodnji hrane za kućne ljubimce u odnosu na proizvodnju hrane za ljude nimalo se ne razlikuju.

## **2. HRANA ZA KUĆNE LJUBIMCE – SASTAV, KOLIČINA I AMBALAŽA**

---

U namjeri realizacije proizvodnje hrane za kućne ljubimce, jasno je da će projektne zahtjeve definirati sam proizvod, odnosno u slučaju pripravlja hrane za kućne ljubimce, sastav i energetska vrijednost hrane. Kao kod svih proizvoda, postoje norme i propisana pravila za proizvodnju. U slučaju proizvodnje hrane ova su pravila najstroža, jer se radi o prehrani živih bića kojima treba osigurati pravilan rast i razvoj, te ukupno zdravlje. Prema Uredbi (EZ) br. 178/2002 Europskog parlamenta i Vijeća, hrana za životinje je „svaka tvar ili proizvod, uključujući i dodatke hrani za životinje, prerađen, djelomično prerađen ili neprerađen, a namijenjen je hranidbi životinja.“

### **2.1. SASTAV HRANE ZA KUĆNE LJUBIMCE**

Mačke i psi, najčešći kućni ljubimci, su mesojedi. Stoga, primarni sastojci hrane za kućne ljubimce su mesni nusprodotci stoke, perad i morskih plodova, a uz njih žitarice i soja. Dijelovi koji se koriste u pripravcima hrane za kućne ljubimce su kosti, meso s glave, te organi poput iznutrica, bubrega, jetara i trbušnog tkiva. Žitarice, kao što je



soja, kukuruz, žito i ječam, koriste se za poboljšanje postojanosti, te za reduciranje cijene pripravka. Tekući sastojci uključuju vodu, buljon ili krv. Potrebni su i sastojci poput soli, konzervansa, stabilizatora i gelova, koji homogeniziraju pripravak hrane i kontroliraju postotak vlage. Umjetne arome se uglavnom ne koriste. Većina proizvođača obogaćuje hranu vitaminima i mineralima, jer se ove tvari gube u procesima proizvodnje. [1]

**Tablica 1. Gubici vitamina tijekom ekstrudiranja [2]**

| Vitamin                | A        | E       | C       | B1      | B2      | B6      | B12     | Niacin  |
|------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Zabilježeni gubici [%] | 12 do 88 | 7 do 86 | 0 do 87 | 6 do 62 | 0 do 40 | 4 do 44 | 1 do 40 | 0 do 40 |

Udio i vrsta sastojaka mijenja se ovisno o vrsti hrane koja se proizvodi, a osnovna je razlika u tome da li je hrana suha ili konzervirana. Razliku između suhe i vlažne, odnosno konzervirane hrane čini postotak vlage u pripravku. Dok konzervirana hrana sadrži između 70 i 80 % vlage, uglavnom zbog svježemesnatih sastojaka, suha hrana u pravilu ne prelazi svega 10 % vlage. [1]

### 2.1.1. Životinjski proteini

Otpriblike 50 % svake životinje koja je namijenjena prehrani čovjeka ne ulazi u procese proizvodnje hrane za ljude. Dijelovi koji ostaju – glava, stopala, kosti, krv, iznutrice, pluća, slezena, jetra, ligamenti – postaju sastavni dio hrane za kućne ljubimce, krmnih smjesa, gnojiva, sapuna i ostalih proizvoda. Hranidbena vrijednost ovih nusprodukata razlikuje se od pošiljke do pošiljke, ovisno o sadržaju. Zato će se svaka pošiljka morati analizirati zasebno, kako bi se dobio uvid u stvarne hranidbene vrijednosti svake. [3]

### 2.1.2. Biljni proteini

Udio žitarica i biljnih proizvoda koji se koriste u hrani za kućne ljubimce se dosta povećao kroz vrijeme. Biljni proizvodi sada u značajnoj mjeri zamjenjuju veliku količinu mesa koja se koristila u ranim recepturama komercijalne hrane za kućne ljubimce. Ovi biljni proizvodi bogati ugljikohidratima jeftin su izvor energije, odnosno kalorija. U prvim recepturama gdje je smanjen udio mesa, a povećan udio biljnih

proizvoda, dolazilo je do ozbiljnog smanjenja hranidbene vrijednosti, no ovo se s vremenom ispravilo.

Prehrana na bazi glutena je visoko proteinska, iz koje je kemijskim putem uklonjena velika količina ugljikohidrata. Često se koristi kako bi se podigla razina proteina u hrani, bez dodavanja znatno skupljih, mesnih proizvoda i nusprodukata stoke, peradi ili ribe. Kukuruzni gluten je jedan od glavnih sastojaka hrane za kućne ljubimce, upravo sa svrhom povećanja količine proteina, a koristi se i za poboljšanje svojstava pripravka, za jednostavnije dobivanje postojećih oblika peleta. Uobičajeno, hrana koja sadrži visok postotak biljnih proteina je ona koja je niže kvalitete.

U novije vrijeme, trend u proizvodnji hrane za kućne ljubimce je i korištenje krumpira, graška, te ostalih kultura sa škrobom, kako bi se zamijenio kukuruz. Osim kod životinja koje su alergične na žitarice, suha hrana s niskim udjelom ugljikohidrata ne nudi naročitu prednost nad hranom bogatom biljnim proteinima. Također, ova hrana je često bogata mastima. Zbog toga, ako se životinje pravilno ne hrane, njeno korištenje može dovesti do prebrzog povećanja mase. Ipak, konzervirani oblici škrobaste hrane su idealni za prevenciju i suzbijanje mačjeg dijabetesa, kao i programa za gubitak suvišne mase kod kućnih ljubimaca. [3]

### **2.1.3. Masti životinjskog podrijetla**

Hrana za kućne ljubimce bogata mastima životinjskog podrijetla može se prepoznati po jedinstvenom i intenzivnom mirisu pri otvaranju pakovanja suhe hrane za pse ili mačke. Miris dolazi od prerađenih životinjskih masti i rijeđe, biljnih masti i ulja koja su označena kao nejestiva za ljude. Primjerice, nekada su iskorištene masnoće i ulja iz restorana završavala u hrani za kućne ljubimce, no danas je za ovo ulje i masnoću unosnije tržište biodiesel goriva, te se ta praksa više ne primjenjuje. Masti životinjskog podrijetla se u procesu proizvodnje raspršuju direktno na ekstrudate, odnosno pelete. Također, masnoće djeluju kao vezivna tvar u koju se dodaju okusi kako bi suha hrana bila primamljivija životinjama. [3]

Masti su izvrstan izvor energije u hrani. Razine masnoće u pripravku mogu prijeći 30 %, ali se obično drže na manje od 20 %. Ako se ekstrudiranje vrši na niskoj vlažnosti (do 20 %) i visokim temperaturama (više od 150°C), vrlo je vjerovatno da će se tvoriti kompleksni spojevi masnog škroba ili masnih proteina. Ipak, istraživanja pokazuju da prisutnost ovih spojeva ne ugrožava probavljivost hrane kod kućnih ljubimaca. Tablica

2. prikazuje utjecaj razine masti koja se dodaje pripravku tijekom procesa ekstrudiranja na svojstva hrane. [2]

**Tablica 2. Utjecaj razine masti u ekstrudatu na svojstva hrane [2]**

| Razina masti u ekstrudatu [%] | 0 do 12                       | 12 do 17   | 16 do 22  | Više od 22                           |
|-------------------------------|-------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Utjecaj na svojstva hrane     | Nikakav ili minimalan utjecaj | Za svakih 1 % iznad 12 % masti, gustoća ekstrudata raste za 16 g/l | Ekstrudat će imati nikakvu ili minimalnu ekspanziju, ali će ostati postojan | Ekstrudat nije postojan - raspada se |

#### 2.1.4. Gubitak hranjivih tvari i aditivi

Svi proizvodni procesi koji se odvijaju prije ekstrudiranja - mljevenje, miješanje, kuhanje, razne prerade - dovode do smanjenja hranidbene vrijednosti u hrani za kućne ljubimce. Kuhanje pripravka je kritična faza u kojoj se ove tvari najviše gube, no ono je neizbježno jer povećava probavljivost žitarica i škrobastog povrća. Da bi hrana dobila na hranidbenoj vrijednosti, ona se mora obogatiti. Proteini, koji su u hrani vrlo bitni, su iznimno osjetljivi na toplinu. Zbog procesa kuhanja koji se odvija dva puta - jednom pri pripremi pripravka u kondicioneru, drugi put u ekstruderu - pri proizvodnji suhe hrane problem gubitka proteina je prisutniji nego pri proizvodnji konzervirane hrane.

Aditivi u hrani za kućne ljubimce su česta pojava i nužni su za postizanje određenih svojstava hrane, bilo onih bitnih za lakšu proizvodnju, ili onih za očuvanje postojanosti hrane do konzumacije. Aditivi poboljšavaju okus, miris, stabilnost, karakteristike, ali i izgled hrane. Oni uključuju emulgatore koji sprečavaju rastavljanje vode i masnoće, antioksidanse koji sprečavaju užeglost, te umjetne boje i okuse kako bi hrana bila primamljiva. [3]

## 2.2. PROIZVODNE KOLIČINE

Unatoč recesiji, industrija potrepština za kućne ljubimce i dalje obilježava rast, a pogotovo u kategoriji hrane vrhunske kvalitete. U vremenskom razdoblju od 2007. do 2012. godine, rast ovog sektora proizvodnje iznosio je 2,8 %, dok je predviđeni rast za narednih pet godina 3,8 %. Ova se pojava pripisuje porastu broja „roditelja“, odnosno osoba koje svoje kućne ljubimce tretiraju kao članove obitelji. U skladu s tim ih kvalitetno i hrane, a ponekad i nauštrb kvalitete vlastite prehrane. Zbog ovih podataka, pretpostavlja se porast u traženoj količini hrane za kućne ljubimce na tržištu, te se

proizvodne linije projektiraju na način da bez posebnih preinaka i nadogradnji podrže dva do tri puta veće kapacitete od dosadašnjeg trenda potražnje. [4]

Daleko najveći kupci su veliki trgovački lanci i pet centri. Na njihovim se policama u svakom trenutku mora nalaziti veliki izbor proizvoda, kako onih vrhunske kvalitete, tako i onih jeftinijih, niže kvalitete. Drugi po redu su azili za kućne ljubimce, a na koncu i veći i manji uzgajivači pasa. Kako u vrijeme nastanka ovoga rada podaci o uvozu ili prodaji hrane za kućne ljubimce u Hrvatskoj nisu bili dostupni, koristit će se podaci agencije Euromonitor International<sup>2</sup> za Njemačku i to za 2010. godinu.

### 2.2.1. Izračun proizvodne količine hrane za kućne ljubimce

U Njemačkoj za 2010. godinu stoji podatak od ukupno oko 1.256.000 tona prodane hrane za pse i mačke, što podrazumijeva suhu i vlažnu hranu za pse, te suhu i vlažnu hranu za mačke. Ako se ovaj podatak primjeni na Hrvatsku proporcionalno broju stanovnika, uz faktor 0,7 koji će pokušati opisati niži životni standard u Hrvatskoj, odnosno manje kućnih ljubimaca po broju stanovnika, moguće je dobiti približnu vrijednost za količinu prodane hrane za kućne ljubimce u Hrvatskoj. [5]

Broj stanovnika u Njemačkoj 2005. godine iznosio je približno 83 milijuna, dok je u Hrvatskoj za 2011. godinu zabilježen podatak od 4,29 milijuna stanovnika. Kada se ovi podaci uvrste u izraz (1), dobiva se podatak o godišnjoj prodanoj hrani za kućne ljubimce u Hrvatskoj [5]:

$$Q_{HR} = \frac{Q_{NJ}}{\frac{n_{st,NJ}}{n_{st,HR}}} \cdot f = \frac{1256000}{\frac{83}{4,29}} \cdot 0,7 = 51904,58 \frac{t}{a} \quad (1)$$

gdje su:

$Q_{HR}$  - približna godišnja količina prodane hrane za kućne ljubimce u Hrvatskoj, [t/a],

$Q_{NJ}$  - količina prodane hrane za kućne ljubimce u Njemačkoj u 2010. godini, [t/a],

$n_{st,NJ}$  - broj stanovnika u Njemačkoj u milijunima,

$n_{st,HR}$  - broj stanovnika u Hrvatskoj u milijunima,

$f$  - faktor umanjenja radi nižeg standarda u odnosu na Njemačku.

---

<sup>2</sup> Euromonitor International - agencija za istraživanje i razvoj strategija za potrošačka tržišta.

Dobiveni podatak aproksimira prodaju hrane za kućne ljubimce u Hrvatskoj, te će biti nužan za izračun proizvodnog kapaciteta. Kako podatak govori o ukupnoj prodanoj hrani, potrebno je izdvojiti količinu koja će se proizvoditi u ovdje razmatranom proizvodnom sustavu. Uz vrlo veliki broj različitih vrsta hrana za životinje na tržištu, teško je procijeniti koliki bi udio mogao pripasti ovoj hrani. Ipak, realno bi bilo za pretpostaviti između 5 % i 10 % ukupne prodaje hrane. Zbog činjenice da je projektiranje proizvodnog sustava većeg kapaciteta financijski puno isplativije, prisvojiti će se udio od 10 % ove hrane na tržištu, a time i veći kapacitet proizvodnih linija. Na ovaj način dobije se podatak o ukupnoj očekivanoj prodaji ovdje proizvedene hrane za kućne ljubimce, i to 5 190,46 t/a.

Kada je dobiven podatak o očekivanoj prodaji, moguć je daljnji proračun kapaciteta proizvodnih linija. Prije je spomenuto da je osnovnu potrebnu količinu proizvedene hrane potrebno uvećati dva do tri puta, radi potencijalno rastućeg tržišta ili potrebe za izvozom u bližoj ili daljoj budućnosti. Na taj se način već pri projektiranju osigurava dovoljan kapacitet za do tri puta veće potrebe hrane na tržištu, bez posebne preinake sustava ili značajnih dodatnih ulaganja. Dolje prikazan izraz (2) daje podatak o količini suhe i vlažne hrane za pse i mačke ukupno proizveden u ovdje razmatranom proizvodnom sustavu:

$$Q_{uk} = 5190,46 \cdot 3 = 15571,38 \frac{t}{a} \quad (2)$$

gdje je:

$Q_{uk}$  - ukupna količina proizvedene suhe i vlažne hrane za pse i mačke, [t/a].

### 2.2.2. Raspodjela količine suhe i vlažne hrane za pse i mačke

Prema agenciji Euromonitor International, u Njemačkoj je 2010. godine prodano ukupno 573.500 t hrane za pse, te ukupno 682.500 t hrane za mačke. Tablica 3. prikazuje podatke o prodanim količinama suhe i vlažne hrane za pse i mačke. [4]

**Tablica 3. Količina i udio hrane za pse i mačke prodane u Njemačkoj u 2010. [4]**

| Vrsta hrane           | Količina [t] | Udio [%] |
|-----------------------|--------------|----------|
| Suha hrana za pse     | 284 100      | 22,62    |
| Vlažna hrana za pse   | 289 400      | 23,04    |
| Suha hrana za mačke   | 227 400      | 18,11    |
| Vlažna hrana za mačke | 455 100      | 36,23    |

Podaci o udjelima pojedine vrste hrane prodane u Njemačkoj, u tablici iznad, poslužiti će i pri projektiranju proizvodnog sustava za proizvodnju hrane za kućne ljubimce u Hrvatskoj. Osnovna podjela unutar jednog ovakvog proizvodnog sustava vrši se prema tehnologiji proizvodnje hrane. Jedna proizvodna linija odnosi se na proizvodnju suhe hrane, dok se druga proizvodna linija odnosi na proizvodnju vlažne hrane. Zbog toga će se podaci o suhoj i vlažnoj hrani razmatrati odvojeno. Slijedeći izrazi dat će potrebne proizvodne količine hrane za pojedine linije:

$$Q_s = Q_{uk} \cdot p_s = 15571,38 \cdot (22,62 + 18,11)\% = 6342,22 \frac{t}{a} \quad (3)$$

$$Q_v = Q_{uk} \cdot p_v = 15571,38 \cdot (23,04 + 36,23)\% = 9229,16 \frac{t}{a} \quad (4)$$

gdje su:

$Q_s$  - proizvodna količina suhe hrane za pse i mačke, [t/a],

$Q_v$  - proizvodna količina vlažne hrane za pse i mačke, [t/a],

$p_s$  - udio suhe hrane za pse i mačke u ukupnoj proizvodnoj količini suhe i vlažne hrane za pse i mačke, [%],

$p_v$  - udio vlažne hrane za pse i mačke u ukupnoj proizvodnoj količini suhe i vlažne hrane za pse i mačke, [%].

Izrazima (3) i (4) dobivene su proizvodne količine odvojeno suhe i vlažne hrane. Slijedeći će korak prikazati proizvodne količine na mjesečnoj bazi, iz razloga što se proizvodnja hrane za kućne ljubimce najčešće organizira mjesečno. Ovo znači da se proizvodne linije, i za suhu i za vlažnu hranu, kalibriraju na određeni broj dana za hranu

za mačke, a ostatak za pse. Tako se eliminiraju pripremno-završna vremena pri prenamjeni linija koja bi bila potrebna kada bi se proizvodilo na dnevnoj bazi.

### 2.2.3. Određivanje vremena za proizvodnju pojedinih vrsta hrane

Iz tablice 3. vidljivo je da je nešto veća potražnja za hranom za mačke nego za hranom za pse. Iz tog razloga će se vršiti raspodjela vremena proizvodnje. Ukupna količina suhe hrane za pse i mačke je 6342,22 t/god, odnosno 528,52 t/mj, dok je ukupna količina vlažne hrane za pse i mačke 9229,16 t/god, odnosno 769,09 t/mj. Dolje navedeni izrazi dat će raspodjelu vremena potrebnog za proizvodnju različitih tipova hrane:

$$t_{s,p} = \frac{p_{s,p} \cdot Q_{uk}}{Q_s} = \frac{22,62\% \cdot 15571,38}{6342,22} = 0,56 \% \quad (5)$$

$$t_{s,m} = \frac{p_{s,m} \cdot Q_{uk}}{Q_s} = \frac{18,11\% \cdot 15571,38}{6342,22} = 0,44 \% \quad (6)$$

$$t_{v,p} = \frac{p_{v,p} \cdot Q_{uk}}{Q_v} = \frac{23,04\% \cdot 15571,38}{9229,16} = 0,39 \% \quad (7)$$

$$t_{v,m} = \frac{p_{v,m} \cdot Q_{uk}}{Q_v} = \frac{36,23\% \cdot 15571,38}{9229,16} = 0,61 \% \quad (8)$$

gdje su:

$t_{s,p}$  - udio vremena za proizvodnju suhe hrane za pse, [%],

$t_{s,m}$  - udio vremena za proizvodnju suhe hrane za mačke, [%],

$t_{v,p}$  - udio vremena za proizvodnju vlažne hrane za pse, [%],

$t_{v,m}$  - udio vremena za proizvodnju vlažne hrane za mačke, [%].

Ulazni podaci su udjeli tipova hrane u ukupnoj prodanoj količini iz tablice 3., ukupna količina proizvedene hrane  $Q_{uk}$ , te količina proizvedene suhe i vlažne hrane,  $Q_s$  i  $Q_v$ .

Navedeno je da će jedan period za proizvodnju zahtijevane količine biti jedan mjesec. Stoga će gore dobiveni postoci vremena poslužiti u izračunu broja dana za proizvodnju pojedine vrste hrane. Kako se u pogonu radi samo pet dana tjedno, prosječni broj radnih dana u mjesecu je 21. Dobiveni broj dana će se zaokružiti na cijelobrojne vrijednosti, da bi se proizvodnja pojedine vrste hrane obavila unutar

određenog broja dana. Isto tako, svaki dobiveni rezultat će se umanjiti za jedan dan, radi kalibriranja i pripreme strojeva i opreme za drugu recepturu, odnosno vrstu hrane:

$$t_{sp} = t_{s,p} \cdot 21 = 0,56 \cdot 21 = 11,76 \text{ dana} \rightarrow 12 - 1 = 11 \text{ dana} \quad (9)$$

$$t_{sm} = t_{s,m} \cdot 21 = 0,44 \cdot 21 = 9,24 \text{ dana} \rightarrow 9 - 1 = 8 \text{ dana} \quad (10)$$

$$t_{vp} = t_{v,p} \cdot 21 = 0,39 \cdot 21 = 8,19 \text{ dana} \rightarrow 8 - 1 = 7 \text{ dana} \quad (11)$$

$$t_{vm} = t_{v,m} \cdot 21 = 0,61 \cdot 21 = 12,81 \text{ dana} \rightarrow 13 - 1 = 12 \text{ dana.} \quad (12)$$

#### 2.2.4. Potrebni proizvodni kapaciteti za proizvodnju suhe i vlažne hrane

S dobivenim brojem dana za proizvodnju pojedine vrste hrane moguće je izračunati potrebne proizvodne kapacitete za linije suhe i vlažne hrane. Prije toga je potrebno izračunati potrebne kapacitete, svedene na mjesečnu bazu, na temelju udjela vrsta hrane iz tablice 3. i ukupne proizvedene količine:

$$Q_{s,p} = p_{s,p} \cdot Q_{uk} = 22,62\% \cdot 15571,38 = 3522,24 \frac{t}{a} = 293,52 \frac{t}{mjesec} \quad (13)$$

$$Q_{s,m} = p_{s,m} \cdot Q_{uk} = 18,11\% \cdot 15571,38 = 2819,97 \frac{t}{a} = 235,01 \frac{t}{mjesec} \quad (14)$$

$$Q_{v,p} = p_{v,p} \cdot Q_{uk} = 23,04\% \cdot 15571,38 = 3587,65 \frac{t}{a} = 298,97 \frac{t}{mjesec} \quad (15)$$

$$Q_{v,m} = p_{v,m} \cdot Q_{uk} = 36,23\% \cdot 15571,38 = 5641,51 \frac{t}{a} = 470,13 \frac{t}{mjesec} \quad (16)$$

gdje su:

$Q_{s,p}$  - potreban mjesečni proizvodni kapacitet suhe hrane za pse, [t/mjesec],

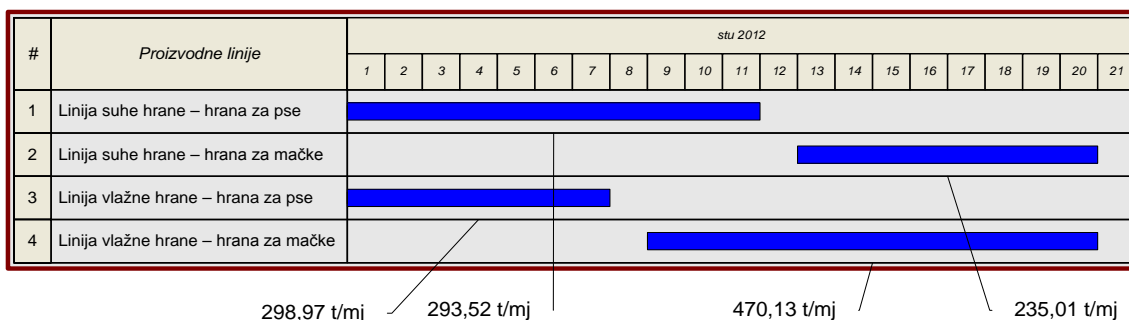
$Q_{s,m}$  - potreban mjesečni proizvodni kapacitet suhe hrane za mačke, [t/mjesec],

$Q_{v,p}$  - potreban mjesečni proizvodni kapacitet vlažne hrane za pse, [t/mjesec],

$Q_{v,m}$  - potreban mjesečni proizvodni kapacitet vlažne hrane za mačke, [t/mjesec].

Slika 1. prikazuje raspodjelu vremena proizvodnje s naznačenim potrebnim kapacitetima za različite tipove hrane. Praznine između proizvodnje označavaju pripremno-završna vremena za kalibraciju strojeva i opreme za iduću vrstu hrane koja će se proizvoditi.





**Slika 1. Raspodjela vremena s naznačenim potrebnim proizvodnim kapacitetima za proizvodnju različitih tipova hrane**

Slijedeći korak je određivanje stvarnog potrebnog proizvodnog kapaciteta, izraženog u t/h, na temelju raspoloživog broja dana za proizvodnju pojedine vrste hrane (Radno vrijeme je 8 sati dnevno.):

$$Q_{sp} = \frac{Q_{s,p}}{11 \cdot 8} = \frac{293,52}{88} = 3,34 \frac{\text{t}}{\text{h}} \quad (17)$$

$$Q_{sm} = \frac{Q_{s,m}}{8 \cdot 8} = \frac{235,01}{64} = 3,67 \frac{\text{t}}{\text{h}} \quad (18)$$

$$Q_{vp} = \frac{Q_{v,p}}{7 \cdot 8} = \frac{298,97}{56} = 5,33 \frac{\text{t}}{\text{h}} \quad (19)$$

$$Q_{vm} = \frac{Q_{v,m}}{12 \cdot 8} = \frac{470,13}{96} = 4,89 \frac{\text{t}}{\text{h}} \quad (20)$$

gdje su:

$Q_{sp}$  - stvarni proizvodni kapacitet suhe hrane za pse, [t/h],

$Q_{sm}$  - stvarni proizvodni kapacitet suhe hrane za mačke, [t/h],

$Q_{vp}$  - stvarni proizvodni kapacitet vlažne hrane za pse, [t/h],

$Q_{vm}$  - stvarni proizvodni kapacitet vlažne hrane za mačke, [t/h].

Prema dobivenim podacima odabrat će se strojevi i projektirati linije za proizvodnju suhe i vlažne hrane, uzevši u obzir podatak za veći kapacitet. U ovome slučaju, to će biti kapacitet za proizvodnju suhe hrane za mačke za liniju suhe hrane, te kapacitet za proizvodnju vlažne hrane za pse za liniju vlažne hrane. Potrebno je uzeti u obzir da strojevi ne smiju raditi na punom kapacitetu jer im se znatno skraćuje vijek trajanja. Zato će se ovi rezultati uvećati za 30 % i na temelju novodobivenih rezultata odabrati strojevi i projektirati sustav. U slučaju suhe hrane, to je 4,77 t/h, te će se

odabrati stroj kapaciteta 5 t/h. U slučaju vlažne hrane, 30 % veći kapacitet iznosi 6,93 t/h, što znači da će se linija i strojevi za vlažnu hranu projektirati za kapacitet od 7 t/h.

## 2.3. ODABIR VRSTE AMBALAŽE

Proizvodni sustav koji se u ovome radu razmatra, proizvodit će visokokvalitetnu hranu za kućne ljubimce, odnosno pse i mačke. Odabir proizvodnje premium, odnosno visokokvalitetne hrane je upravo zbog procjene agencije Euromonitor International da će najveći godišnji rast potražnje u budućnosti imati upravo hrana više kvalitete. Ova hrana se od one jeftine razlikuje po većem udjelu mesa i mesnih nusprodukata, te po ekološki i organski uzgojenim žitaricama. Zbog toga, kao i kod svakog komercijalnog proizvoda, kvaliteta i estetika ambalaže u koju se proizvod zatvara mora pratiti kvalitetu proizvoda koji sadržava.

Funkcije ambalaže općenito, a time i ambalaže hrane za kućne ljubimce dijele se na tehničke i marketinške. Tehničke funkcije uključuju zaštitu proizvoda od vanjskih nečistoća, održavaju proizvod netaknutim do dolaska krajnjem potrošaču, te odmjeravaju količinu proizvoda prema masi ili volumenu. Marketinške funkcije su one prve vidljive kupcu, a one priopćavaju o sadržaju pakovanja, obavještavaju o sastavu i količini proizvoda, potiču interes kupca, a na kraju – prodaju proizvod. [6]

Kao što je prije spomenuto, osnovna podjela hrana za kućne ljubimce je prema postotku vlage. Zbog toga, ona se nakon proizvodnje i pakiranja, u fazi transporta i neposredno prije prodaje ne smije izlagati zraku, jer u tom slučaju gubi svojstvo – postotak vlage deklariran od strane proizvođača. U nekim slučajevima okus, koji je kućnim ljubimcima bitan kako bi im hrana bila više privlačna, može znatno oslabiti ako se hrana dugo izlaže zraku. Iz ovog se lako zaključuje da ambalaža hrane za kućne ljubimce mora biti gotovo nepropusna za zrak. Prema tome, odabrat će se prikladan materijal i oblik ambalaže, i to:

- vrećice od polietilena visoke gustoće (PEHD), za suhu hranu za mačke (do 10 % vlage), pakovanja mase 0,4 i 2 kg,
- vreće od recikliranog papira, za suhu hranu za pse (do 10 % vlage), pakovanja mase 4, 8 i 15 kg,

- konzerve od bijelog lima<sup>3</sup>, za vlažnu hranu (70 do 80 % vlage), pakovanja mase 0,4 kg za mačke i 0,8 kg za pse.

Kako bi se očuvala svježina i deklarirana vlažnost hrane, ambalaža bi trebala imati mogućnost ponovnog zatvaranja nakon što je prvi put otvorena. U slučaju PEHD vrećica, zatvaranje se rješava dodavanjem plastičnog zatvarača na vrh vrećice. Nakon prvog otvaranja i uklanjanja tvorničkog zavora, ostat će ovaj zatvarač za lako zatvaranje. Konzerve se mogu prodavati sa dodatnim plastičnim poklopcem. Kada se prvi put konzerva otvori, te ukloni tvornički postavljen limeni zatvarač, za ponovno zatvaranje služiti će ovaj plastični zatvarač - poklopac. Velike vreće hrane za pse, nakon uklanjanja tvorničkog šava na vreći, neće se moći ponovno zatvoriti na jedan od ovih načina, već će se ostaviti dovoljno volumena kako bi se vreća mogla saviti tako da ne ulazi zrak. Na ovaj način osigurava se svježina dovoljno dugo da obuhvati period korištenja jedne vreće suhe hrane za pse.

Svu ambalažu korištenu u ovdje razmatranom proizvodnom sustavu izrađivat će kooperanti, a dostavljat će se u kutijama, paletizirana, u ulazno skladište. Kod odabira ovakvog načina, gdje ambalažu izrađuju i isporučuju kooperanti, od velike je važnosti praćenje stanja na skladištu kako se ne bi dogodio manjak u količini ambalaže. Ovaj slučaj bi značio prekid rada linije, a time i nemogućnost isporuke tražene količine hrane za životinje. Zato će se nabavi ambalaže posvetiti dodatna pozornost.

Iako većinu posla pri proizvodnji ambalaže obavlja kooperant, u proizvodnji hrane za životinje posao se mora dovršiti upravo na kraju proizvodne linije za proizvodnju hrane za životinje. To je iz razloga što se koristi ambalaža koja se samo jednom može zatvoriti, a nakon toga se mora isporučiti. Radnje poput zavarivanja plastičnih vrećica, šivanja velikih papirnatih vreća ili zatvaranja konzervi nakon punjenja proizvoda biti će obavljene u ovome pogonu. U skladu s time, odabrat će se i prikladni strojevi i oprema za obavljanje ovih radnji.

---

<sup>3</sup> Pokositreni čelični lim

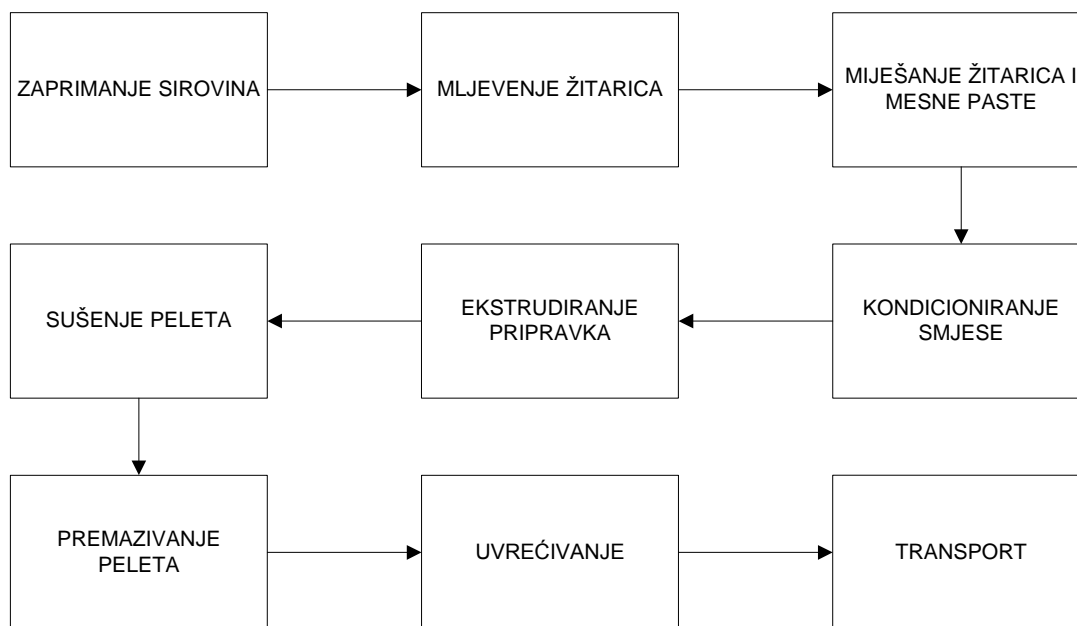
### 3. PROIZVODNI PROCESI, STROJEVI I OPREMA

---

Procesi u proizvodnji hrane za kućne ljubimce su slični za većinu vrsta hrane, kao i za cjenovne kategorije. Razlika je samo u sastavu pripravka. Prema fazama proizvodnje, proces proizvodnje hrane za kućne ljubimce, osim zaprimanja i skladištenja sirovina, dijeli se na [2]:

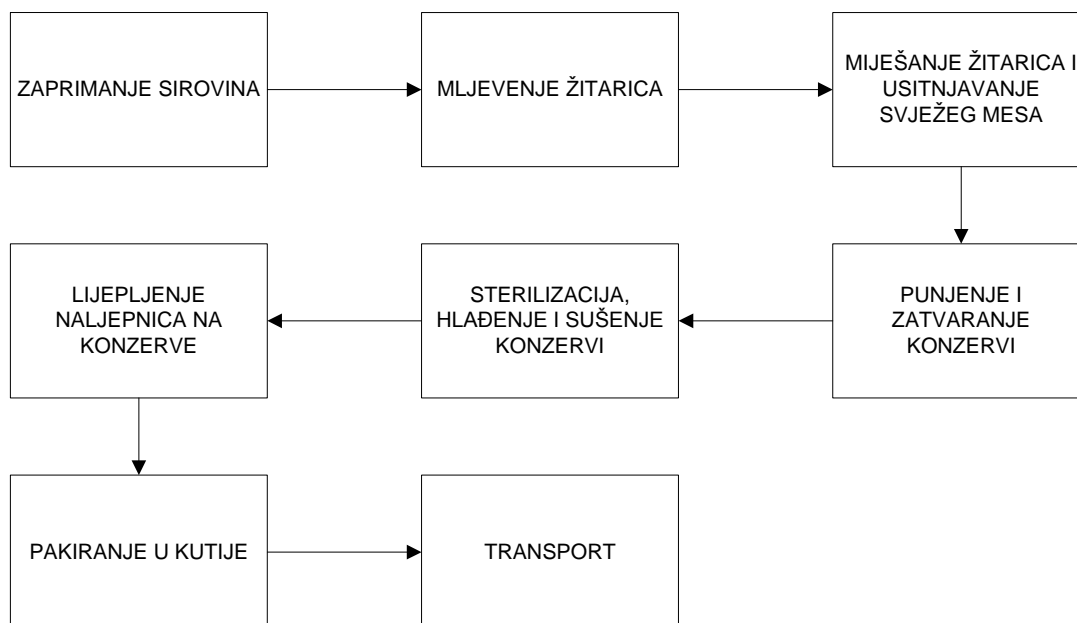
1. usitnjavanje sirovina,
2. miješanje sirovina,
3. kondicioniranje pripravka,
4. ekstrudiranje pripravka i rezanje na pelete,
5. sušenje i hlađenje peleta,
6. premazivanje peleta,
7. pakiranje gotovog proizvoda.

Slika 2. prikazuje pojednostavljeni dijagram toka proizvodnje suhe hrane.



**Slika 2. Pojednostavljeni dijagram toka proizvodnje suhe hrane**

Na slici 3. prikazan je pojednostavljeni dijagram toka proizvodnje za vlažnu konzerviranu hranu.



**Slika 3. Pojednostavljeni dijagram toka proizvodnje vlažne konzervirane hrane**

Svim fazama u proizvodnji hrane posvećuje se jednaka pozornost jer lošije tretiranje sirovina u bilo kojoj fazi može rezultirati dosta lošijom kvalitetom gotovog proizvoda. Ovdje se može raditi o nedovoljnoj homogenosti pripravka, česticama neujednačene veličine nakon mljevenja, a zbog toga i nejednolikom prokuhanošću, ili nepravilnim omjerima sastojaka što dovodi do nepostojanosti i raspadanja peleta nakon ekstrudiranja. Greške mogu nastati i pri nedovoljno preciznim postavkama protoka na

transportnim uređajima i zagušavanjem strojeva. Minimalne se greške daju ispraviti i dok je linija u pogonu, ali ako se radi o većem problemu, postoji mogućnost kvarenja strojeva i zaustavljanja cjelokupne proizvodnje.

Odabir odgovarajućih strojeva i dodatne opreme za proizvodnju hrane za kućne ljubimce je od velikog značaja za konačni proizvod i njegovu kvalitetu. Strojevi i oprema se odabiru tako da daju najveći mogući stupanj efikasnosti i fleksibilnosti proizvodnje po najpovoljnijoj cijeni nabave. Kada se odabire oprema, najbitniji je podatak o željenom kapacitetu proizvodnje. Također, nužno je uzeti u obzir i mogućnost jednostavne nadogradnje, ako u budućnosti bude za to potrebe. Primjerice, minimalno dodatno ulaganje u transportne uređaje ili ćelije za pohranu sirovina ili gotovog proizvoda mogu višestruko povećati proizvodne kapacitete.

### **3.1. PRIPREMA PRIPRAVKA ZA HRANU ZA KUĆNE LJUBIMCE**

Sirovine za proizvodnju hrane za kućne ljubimce u tvornicu dolaze u obliku cjelovitog zrna u slučaju žitarica, zamrznutog usitnjenog povrća, te velikih komada mesa i nusprodukata stoke i peradi. Za pripremu pripravka ove je sastojke potrebno usitniti na čestice približno jednake veličine jer će se samo na taj način osigurati homogenost, te jednolika i pravilna termička obrada, kao i jednak postotak vlage kroz cijeli volumen pripravka.

Nakon zaprimanja i skladištenja sirovina u ulaznom skladištu, prva faza u proizvodnji hrane je predčišćenje žitarica u grubim čistačima, a nakon toga usitnjavanje. Usitnjavanje se obavlja odvojeno i različito za tri vrste sirovina koje ulaze u pripravak - žitarice, povrće i meso. Žitarice, koje su najmanje vlažnosti, melju se u mlinu čekićaru. Povrće dolazi usitnjeno, te se dodaje u smjesu neposredno prije ulaznog spremnika kondicionera. Ovaj sastojak nije potrebno dodatno usitnjavati jer su čestice već dovoljno sitne te se lako raskuhavaju i raspadaju u kondicioneru. Meso uglavnom u tvornicu dolazi već renderirano, odnosno odvojeno od masnoća i vode kuhanjem, te mljeveno u oblik mesne paste. Mesna se pasta koristi za proizvodnju suhe hrane, dok se za vlažnu hranu koristi svježe meso koje dolazi u komadima. Ovi se veliki komadi mesa usitnjavaju na veličinu 0,5 do 3 cm u promjeru, ovisno o vrsti hrane, te nakon faze predkuhanja pune u konzerve miješani sa ostalim sastojcima. Svježe meso se mora procesuirati u roku od maksimalno tri dana.

### 3.1.1. Usitnjavanje žitarica

U pripremi pripravka za hranu za kućne ljubimce neophodno je usitnjavanje sirovina kao što su kukuruz, ječam, pšenica, soja, riža ili zob. Mlinovi za to mljevenje troše mnogo energije i nije stoga čudno da se u posljednje vrijeme sve više pažnje poklanja ovoj, naizgled jednostavnoj tehnološkoj operaciji. Pripravak za ekstrudiranje mora biti vrlo ujednačene granulacije. Samo smjesa koja je sastavljena iz čestica iste ili bar približne veličine i oblika može nakon miješanja biti homogena. Svrha miješanja naposljetku i je - homogena smjesa. Usitnjavati se može na slijedeće načine [7]:

- lomljenjem,
- trenjem (mljevenjem),
- prešanjem (gnječenjem),
- razbijanjem.

Za svaki od spomenutih načina usitnjavanja postoje odgovarajući strojevi. I pojedine sirovine koje se usitnjavaju imaju različita mehanička svojstva. Neke sirovine se lakše usitnjavaju prešanjem, dok je neke lakše razbijati. Poznavanje mehaničkih svojstava sirovina uvjet je za odabir najekonomičnijeg načina usitnjavanja. Proces usitnjavanja je vrlo složen i na njega utječu mnogi faktori: veličina, oblik, tvrdoća, vlaga, elastičnost i niz drugih faktora koji na različite načine utječu na uvjete usitnjavanja. Utjecaje ovih faktora nije moguće obuhvatiti u jednoj jednadžbi koja bi u vidu matematičke formule pokazala ovisnost usitnjavanja o uloženoj energiji. Stoga će u teoretskim razmatranjima biti potrebno služiti se pojednostavljenim formulama i rezultatima pokusa. Izraz za odnose potrebnih radova pri usitnjavanju na čestice dvije različite veličine glasi [7]:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{b_2}{b_1} \cdot \frac{B - b_1}{B - b_2} \quad (21)$$

gdje su:

$W_1$  - rad potreban za usitnjavanje čestica na veličinu  $b_1$ , [J],

$W_2$  - rad potreban za usitnjavanje čestica na veličinu  $b_2$ , [J],

$b_1$  - duljina manje čestice, [mm],

$b_2$  - duljina veće čestice, [mm],

$B$  - početna duljina čestice, [mm].

Teoretski se proces usitnjavanja može razmatrati na dva načina: po prostornoj i po površinskoj teoriji usitnjavanja. Obje teorije su u izvjesnim uvjetima prihvatljive kod

razmatranja procesa usitnjavanja žitarica. I prva i druga formulacija dokazat će linearnu ovisnost utroška rada pri usitnjavanju - troši se utoliko više rada, ukoliko se finije usitnjava. [7]

Prema volumenskoj teoriji dobiva se da je potreban rad za usitnjavanje proporcionalan volumenu, a sila presjeku djelića koji se usitnjava. Volumenska teorija je primjenjiva samo unutar granice elastičnosti tijela koje se usitnjava. Usitnjavanje je moguće samo ako su naprezanja veća od čvrstoće čestice. Ova se teorija može primjenjivati za približne proračune radi dobivanja slike o potrebnom radu usitnjavanja, odnosno u ovome slučaju mljevenja žitarica. Iako obje teorije ne uzimaju u obzir sve faktore koji utječu na usitnjavanje, ipak se primjenjuju u razmatranjima procesa za usitnjavanje. Površinska se teorija primjenjuje pri razmatranju usitnjavanja zrna u mlinovima čekićarima, dok se volumenska može lakše upotrijebiti kod procesa gnječenja i prešanja. [7]

Fizikalna i mehanička svojstva žitarica ovise o vlazi zrna, a tablica 4. daje uvid u ovu ovisnost. Sila potrebna za lomljenje zrna ovisi i o strukturi zrna. Za razbijanje endosperma pšenice staklaste strukture potrebno je  $0,93 \text{ N/mm}^2$ , a kod brašnaste strukture  $0,29 \text{ N/mm}^2$ . [7]

**Tablica 4. Ovisnost vlažnosti zrna o mehaničkim svojstvima [7]**

|  | Mekše vrste žitarica |          | Tvrde vrste žitarica |          |
|--|----------------------|----------|----------------------|----------|
| Vlaga [%]                              | 11 do 12             | 15 do 16 | 11 do 12             | 15 do 16 |
| Sila lomljenja [N/zrnu]                | 78,45                | 65,70    | 138,27               | 91,20    |
| Čvrstoća [ $\text{N/mm}^2$ ]           | 8,14                 | 6,87     | 13,73                | 9,32     |
| Apsolutno skraćenje [mm]               | 0,25                 | 0,33     | 0,17                 | 0,28     |
| Modul elastičnosti [ $\text{N/mm}^2$ ] | 490,5                |          | 98,1                 |          |

Kako je napomenuto, svi proračuni za dobivanje potrebnog rada za usitnjavanje žitarica temelje se na usporedbi sa rezultatima pokusa. Tako je, primjerice, za usitnjavanje pšenice na valjcima za 1000 kg griza sa srednjom veličinom čestica od 0,3 mm potrebno oko 5,7 kWh. Izraz (21) pokazat će kako je potrebno čak 15 puta više rada, odnosno približno 85 kWh ako se želi mljeti brašno veličine čestica 0,12 mm.



Tablica 5. prikazuje američke normative za razne grupe meljave prema sirovinama. Podaci su izraženi u mm.

**Tablica 5. Američki normativi meljave za razne grupe sirovina [7]**

|                | Zrno | Gruba meljava | Srednja meljava | Fina meljava | Vrlo fina meljava |
|----------------|------|---------------|-----------------|--------------|-------------------|
| <b>Kukuruz</b> | 6,0  | 4,8           | 3,6             | 2,4          | 1,8               |
| <b>Ječam</b>   | 5,0  | 4,1           | 3,2             | 2,3          | 1,5               |
| <b>Zob</b>     | 4,5  | 3,7           | 2,9             | 2,1          | 1,4               |
| <b>Soja</b>    | 6,0  | 4,8           | 3,6             | 2,4          | 1,8               |
| <b>Pšenica</b> | 5,0  | 4,1           | 3,2             | 2,3          | 1,5               |

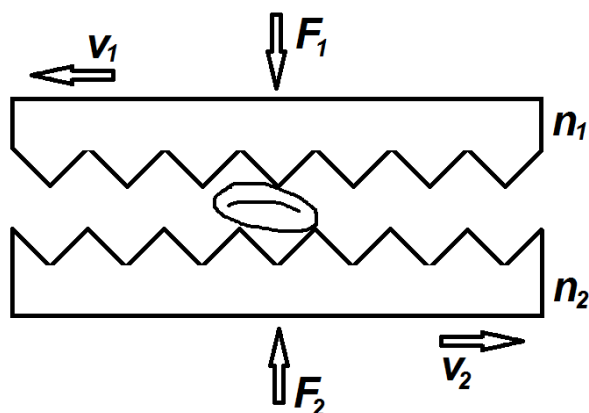
Strojevi kojima se usitnjava obzirom na specifične uvjete rada u tvornicama za hranu za kućne ljubimce moraju, u pogledu svestranosti i ekonomičnosti pri eksploataciji zadovoljiti slijedeće uvjete [7]:

- Moraju se dati lagano i brzo podesiti za mljevenje na različite finoće mljevenja, kako to zahtijevaju tehnološki uvjeti pri proizvodnji različitih vrsta hrane za kućne ljubimce.
- Moraju mljeti tako da u meljavi ima što manji postotak finih i jako grubih čestica, tj. moraju mljeti tako da granulometrijska krivulja<sup>4</sup> meljave ima izrazit maksimum kod zadane granulacije.
- Moraju mljeti žitarice i sa 18 do 20 % vlage bez pogonskih zastoja.
- Prilikom mljevenja sirovina se ne smiju pretjerano zagrijavati. Moraju imati visok stupanj iskoristivosti pogonske energije.
- Moraju biti neosjetljivi na promjene pogonskih uvjeta rada.
- Moraju biti masivni i ne smiju imati velike zahtjeve na održavanje i njegu.
- Moraju biti trajni i da im glavni dijelovi ne podliježu prebrzom trošenju.

---

<sup>4</sup> Granulometrijska krivulja meljave prikazuje masu pojedinih frakcija meljave. Određuje se tako da se meljava sije kroz sita različitih otvora, a podaci o masi meljave koja ne prolazi kroz otvore unose u jedan grafički prikaz sa veličinom otvora sita na apscisi i masi ostatka na situ na ordinati.

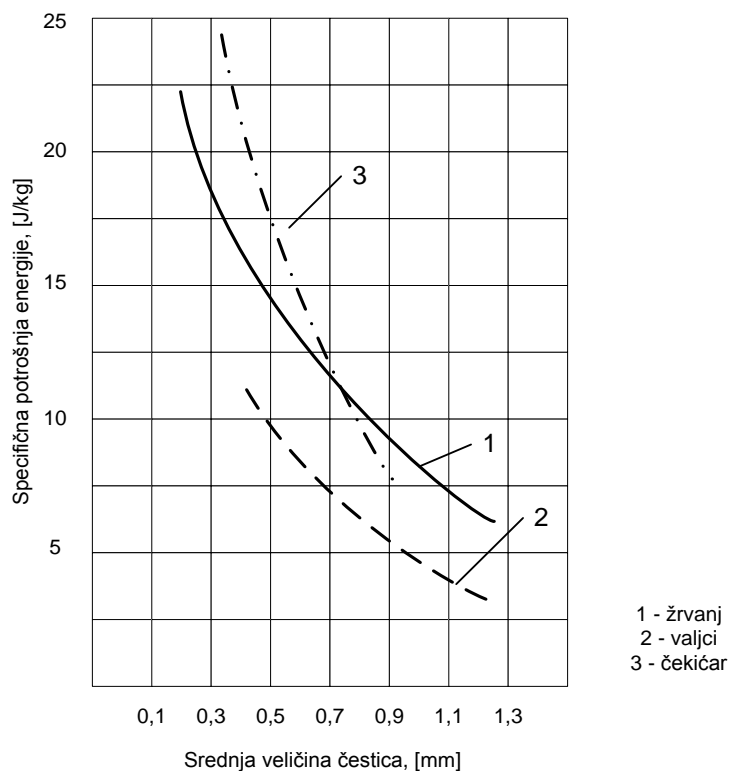
Strojevi koji se koriste za usitnjavanje žitarica u proizvodnji hrane za kućne ljubimce su strojevi koji usitnjavaju trenjem, odnosno mljevenjem. Princip rada ovih strojeva prikazuje slika 4.



**Slika 4. Princip rada strojeva za usitnjavanje trenjem [7]**

Zrno se nalazi između dvije nazubljene ploče,  $n_1$  i  $n_2$ . Sile  $F_1$  i  $F_2$  lome zrno, a istodobnim međusobnim pomicanjem ploča brzinom  $v = v_1 + v_2$  uslijed djelovanja sile trenja  $\mu \cdot F$  zrno se tare i usitnjava. Veličina sile  $F_1$  i  $F_2$  može se podešavati. Da bi se osigurao dovoljno velik koeficijent trenja  $\mu$ , koji izravno utječe na silu trenja  $\mu \cdot F$ , ploče se izvode sa zupcima ili od materijala koji ima velik koeficijent trenja. Ovakvi strojevi mogu biti u obliku valjaka, žrvnjeva ili pločastih mlinova. Vlažne i masne sirovine ili sirovine koje prilikom mljevenja ispuštaju masnoće nisu pogodne za usitnjavanje na ovakvim strojevima jer zaljepljuju kanale i zube na valjcima, te smanjuju koeficijent trenja  $\mu$ . [7]

Mlinovi za usitnjavanje razlikuju se, osim po načinu usitnjavanja, i po specifičnoj potrošnji energije potrebne za usitnjavanje, kao i po kvaliteti usitnjenih čestica. Utvrđeno je, primjerice, da se prilikom tova peradi smjesom u kojoj je kukuruzno zrno mljeveno na mlinovima sa valjcima postiglo za 2,1 % bolje iskorištenje hrane i za 2,2 % veća težina peradi u odnosu na smjesu u kojoj je kukuruz bio mljeven na mlinu čekićaru. Slika 5. prikazuje specifičnu potrošnju mlinova čekićara, valjka i žrvnjeva pri mljevenju pšenice. Uočljivo je da valjci imaju najmanju specifičnu potrošnju, a čekićari najveću. [7]



**Slika 5. Specifična potrošnja energije za mljevenje zrna pšenice na različitim tipovima mlinova [7]**

Nakon faze usitnjavanja, žitarice se prije pohranjivanja u ćelije moraju ponovno pročistiti, u finom pročistaču. Ovdje će se ukloniti sva prašina i nečistoće koje su mogle ući u nekoj od prethodnih faza ili pri transportu.

### 3.1.2. Usitnjavanje i predkuhanje mesa za konzerviranu hranu za kućne ljubimce

Za liniju suhe hrane meso dolazi u obliku mesne paste koja se izravno dodaje u miješalicu nakon faze mljevenja žitarica, a neposredno prije ulaska u sustav za ekstrudiranje - u ulazni spremnik prije kondicionera. Ova mesna pasta već tretirana dolazi u tvornicu, tako da ne zahtijeva dodatne tehnološke operacije.

U slučaju konzervirane, odnosno vlažne hrane, meso u tvornicu dolazi svježe od dobavljača, ali odvojeno od kostiju. Zbog toga je kod ove proizvodne linije nužno dodatno procesuiranje mesa. Prva faza nakon zaprimanja je grubo usitnjavanje, za dobivanje komada mesa veličine 0,5 do 3 cm. Usitnjavanje se vrši na strojevima za mljevenje mesa, sa točno proračunatim razmakom između noževa i matricama kako se meso ne bi pretjerano usitnilo. Ustanovljeno je da su veći komadi mesa kućnim

ljubicima primamljiviji. Ova tehnološka operacija gotovo nikad nije automatizirana i zahtijeva nadzor čovjeka. Razlog tome leži u potrebi za neprestanom kontrolom veličine komada mesa, mogućnosti uklanjanja nepoželjnih tvari u mesu kao što su zaostale kosti, te mogućnosti brže promjene recepture i vrste mesa koje se usitnjava.

Nakon usitnjavanja, meso se prebacuje u kontinuirano kuhalo koje pomoću pare započinje proces predkuhanja. Uobičajeno je da se pojedine šarže mesa namjerno predkuhavaju do različitog stupnja, jer na taj način konzerva hrane dobiva takvu ukupnu teksturu da je primamljivija psima ili mačkama.

### **3.1.3. Miješanje sirovina u pripravak za proizvodnju hrane za kućne ljubimce**

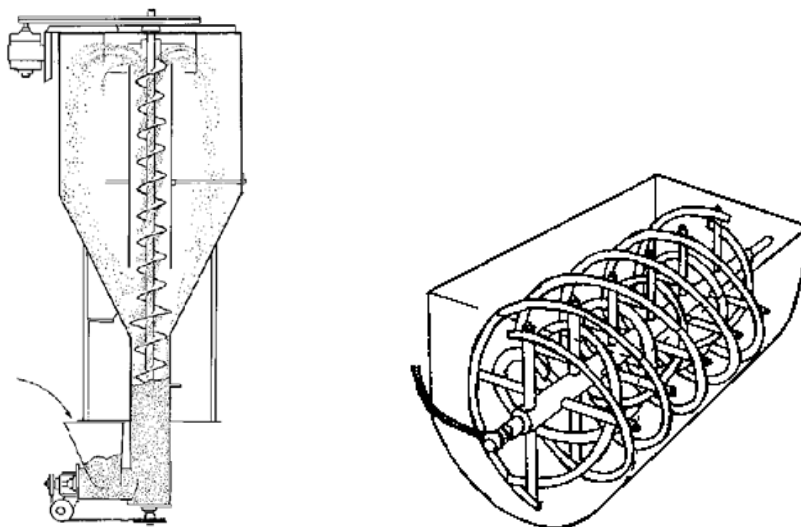
Nakon mljevenja žitarica, one se transportiraju u ćelije u kojima se čuvaju do upotrebe, odnosno miješanja. Prema zadanim recepturama za hranu, žitarice se u različitim omjerima ispuštaju u miješalicu, gdje će se miješati neko vrijeme kako bi se postigla homogena smjesa. U ovome stupnju kod linije za suhu hranu dolazi i mesna pasta.

Postoji nekoliko tipova miješalica, a osnovna podjela je prema načinu rada. One mogu biti šaržne ili kontinuirane. Šaržne je miješalice potrebno napuniti do nazivnog volumena za koji je predviđena, propisano vrijeme miješati, te ispustiti sadržaj. Uobičajeno vrijeme punjenja i pražnjenja dakako ovisi o volumenu miješalice. Uzevši u obzir udio vremena za punjenje, vrijeme potrebno da se smjesa dovoljno izmješa, te vrijeme za pražnjenje, šaržne miješalice obično imaju korisnost<sup>5</sup> između 70 i 80 %. Prednost ovog tipa miješalica je u boljoj izmješanosti, tj. homogenosti smjese naspram kontinuiranih miješalica, dok je glavni nedostatak gubitak vremena za punjenje i pražnjenje. Kod kontinuiranih miješalica nema punjenja i pražnjenja, već se sastojci kontinuirano dodaju i miješaju. Vrijeme miješanja se regulira brzinom vrtnje puža ili lopatica, usponom navoja puža, ili pak brzinom vrtnje izlaznog pužnog transportera. Prednost ovih miješalica je u njihovoj kontinuiranosti, dok je glavni nedostatak potreba za reguliranom kontinuiranom dobavom sastojaka iz ćelija kako bi se osigurala homogenost smjese. [7]

---

<sup>5</sup> Korisnost miješalice izražena je kao omjer vremena miješanja i ukupnog vremena potrebnog da se miješalice napuni, izmješa smjesu, te isprazni.

Prema konstrukciji postoje vertikalne i horizontalne miješalice. Slika 6. prikazuje primjer ova dva tipa miješalica.



**Slika 6. Primjer vertikalne i horizontalne miješalice [8]**

Vertikalne miješalice su konusnog oblika radi olakšanog sakupljanja smjese u središte, a u središtu sadrže pužni vijak koji smjesu transportira na vrh, te ju razbacuje u krug. Smjesa ponovno pada na dno miješalice i tako se opet miješa sa sastojcima koji su upravo ubačeni. Ovaj tip miješalica nije pogodan za miješanje vlažne smjese jer se zbog tromosti smjese neće postići dobar omjer miješanja. Zbog prisustva mesne paste u pripravku za hranu za kućne ljubimce, ovdje se gotovo uvijek odabire horizontalna miješalica. Ovo je iz razloga što je pripravak zbog mesne paste već u određenoj mjeri vlažan, a time je smjesa troma, te se bolje miješa pri ovom načinu miješanja.

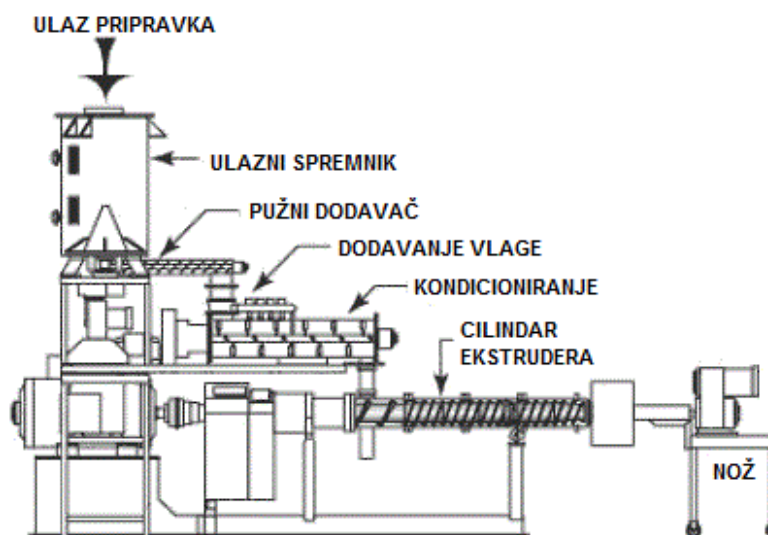
Pri miješanju pripravka za hranu za kućne ljubimce uobičajeno se koristi horizontalna kontinuirana miješalica sa lopaticama ili spiralama. Horizontalnu miješalicu sa spiralama, kojih može biti jedna ili dvije, prikazuje slika 6. Ovaj tip miješalica zahtijeva 40 do 50 % veći volumen od dozvoljenog punjenja. To znači da je korisni kapacitet proračunat sa 50 do 60 % ukupnog volumena miješalice. Uslijed toga što su spirale neprestano uronjene u smjesu koju miješaju, dolazi do velikog trenja između smjese i spirala te ove miješalice zahtijevaju veliku snagu za miješanje. Razmak između spirala i korita je obično 2 do 3 mm. Brzina spirala je promjenjiva i ovisi o veličini miješalice. Za velike miješalice kapaciteta 5 do 10 tisuća litara brzina vrtnje spirala je između 18 i 20 okretaja/minuta, a za manje miješalice kapaciteta 1 do 3 tisuće litara ona je između 25 i 30 okretaja/minuta. Zadovoljavajuća homogenost smjese se u ovim miješalicama postiže nakon 8 do 15 minuta miješanja. Na dno ovog tipa

miješalice ugrađuje se izlazni pužni vijak koji transportira izmješanu smjesu, tj. pripravak iz miješalice. Brzina vrtnje vijka određuje brzinu transporta pripravka iz miješalice. Na ovaj način osigurava se dovoljno vrijeme zadržavanja smjese u miješalici, a time i homogenost pripravka. Potrebna snaga za pogon ovih miješalica je oko 0,74 kWh za 50 kg smjese. [7]

Miješanje sastojaka za konzerviranu hranu je nešto jednostavniji. Ovo je iz razloga što zahtjev na homogenost pripravka nije toliko strog, jer pripravak nije namjenjen za ekstrudiranje. Kod konzervirane hrane miješanje kraće traje i manji je utrošak energije jer je vlažnost višestruko veća. Iako se pripravak za konzerviranu hranu ne ekstrudira, nije rijetkost da se u konzerve ubacuju već ekstrudirane pelete.

### 3.2. EKSTRUDIRANJE PRIPRAVKA ZA HRANU ZA KUĆNE LJUBIMCE

Ključna faza procesa proizvodnje hrane za kućne ljubimce je ekstrudiranje. U ovoj fazi nastaju pelete, koje se nakon ekstrudiranja i rezanja dodatno tretiraju ne mijenjajući vanjski oblik. Na slici 7. prikazana je shema sustava za ekstrudiranje, od ulaza pripravka u ulazni spremnik kondicionera do rezanja ekstrudata na pelete.



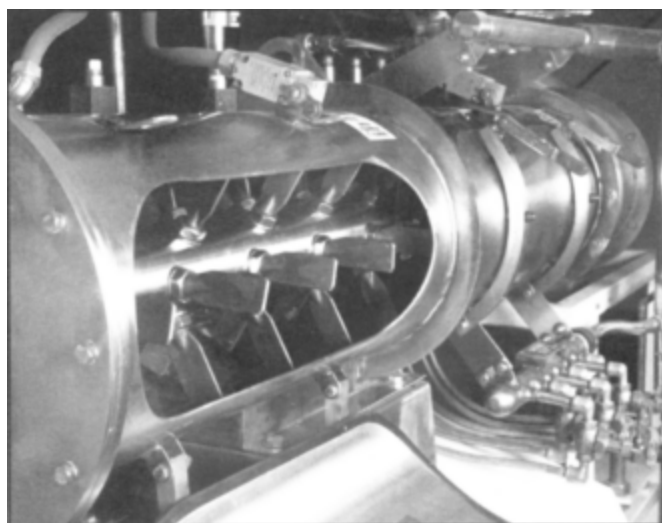
**Slika 7. Shema sustava za ekstrudiranje [2]**

Sustav za ekstrudiranje pripravka sastoji se od nekoliko dijelova. Ulazni spremnik na svome dnu ima otvor čiju je propusnost moguće regulirati. Prema propusnosti otvora ulaznog spremnika regulira se i brzina vrtnje pužnog dodavača koji transportira pripravak u stroj za kondicioniranje pripravka. U kondicioneru se dodaje vlaga u obliku

pare. Para će uz osiguravanje vlažnosti svojom toplinom započeti proces kuhanja pojedinih sastojaka, a time i kemijske reakcije među sastojcima pripravka. Kada je pripravak dovoljno zadržan u kondicioneru i otpočele su kemijske reakcije i kuhanje, pripravak se transportira u ekstruder. Unutar ekstrudera se pripravak dokuhava i dodatno miješa, a konstrukcija pužnih vijaka unutar ekstrudera osigurat će tlačenje i transport pripravka do izlaza. Na izlazu je nož koji ekstrudirani pripravak periodički reže na pelete. Svakoj od komponenata sustava za ekstrudiranje mogu se regulirati postavke kako bi se osigurao željeni protok ali i svojstva pripravka.

### 3.2.1. Funkcija i dijelovi kondicionera

Prva termička obrada kod proizvodnje suhe hrane za kućne ljubimce događa se u kondicioneru. Kondicioner je stroj u kojem se pripravku uz dodatno miješanje lopaticama dodaje voda i vodena para pod tlakom. Zbog topline koju para predaje pripravku, ovdje započinju kemijske reakcije među sastojcima – topljenje i želatinizacija škroba u žitaricama. Slika 8. prikazuje kondicioner s lopaticama.



**Slika 8. Kondicioner s lopaticama [8]**

Homogenost i potpuna penetracija vlage u sve sastojke pripravka znatno će poboljšati stabilnost procesa ekstrudiranja, postojanost ekstrudiranih i rezanih peleta, a time i poboljšati kvalitetu finalnog proizvoda. Plastifikacija pripravka prije faze ekstrudiranja znatno smanjuje trošenje dijelova ekstrudera inače abrazivnim česticama. U kondicioneru se vlaga dodaje jednoliko u obliku pare i vode kako bi se dobila ukupna vlažnost pripravka od 10 do 25 %. Voda se dodaje s gornje strane kondicionera pomoću mlaznica pokraj kojih su mlaznice za vodenu paru. Na taj način mlaz vode dodatno raspršuje paru po cijelom volumenu pripravka, te smanjuje opterećenje pri miješanju.

Vodena para se dodaje još i s donje strane kondicionera. Parovodi moraju biti tako konstruirani da omoguće kontinuiran dotok pare bez kondenzata. [2]

Kondicioneri, koji se u proizvodnji suhe hrane za kućne ljubimce koriste od 60-ih godina 20. stoljeća, konstruirani su tako da sadrže rotirajuće osovine s puževima ili lopatice pod kutem. Komore kondicionera se mogu držati pod iznimno visokim tlakovima i temperaturama i tada se radi o tlačnim kondicionerima. Ovo nije čest slučaj jer je pri takvim uvjetima puno veći gubitak hranjivih tvari u pripravku. Druga vrsta kondicionera su atmosferski kondicioneri. Istraživanje provedeno još 1969. godine ukazuje na gubitak aminokiselina u pripravku od 28 % u usporedbi s atmosferskim kondicionerom gdje je taj gubitak iznosio samo 3 %. [2]

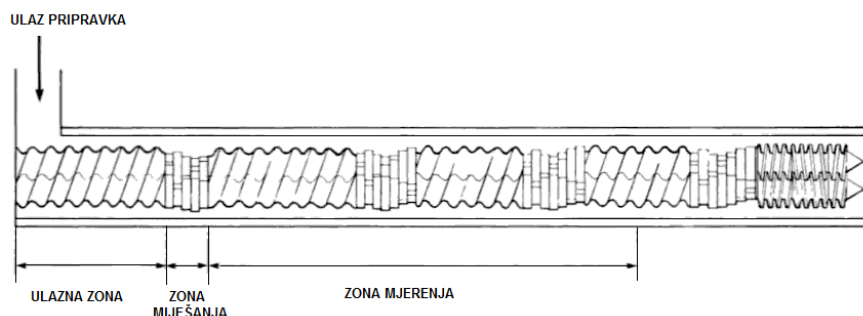
Ukupna količina dodane vlage, temperatura priprema, te vrijeme zadržavanja su varijable kod kondicioniranja. Sve varijable se mogu regulirati kako bi se postigla željena svojstva pripravka ili gotovog proizvoda. Samo dodavanje pare u kondicioner će podići razinu vlage pripravka za ne više od 5 do 7 %. Veća se vlažnost postiže dodavanjem vode. Pri 20 % ili manje vlažnosti, stupanj prokuhanosti sastojaka pripravka iznositi će samo nešto više od 20 %. Nekoliko je istraživanja pokazalo da je minimalno 30 % vlage u pripravku potrebno da bi se izvršile sve potrebne kemijske reakcije - želatinizacije. Dotok vode i vodene pare su obično tako podešeni da održavaju pripravak na 70 do 90°C na izlazu iz kondicionera. [2]

Okusi rjeđe, ali ulje, boja ili drugi tekući sastojci se mogu dodati u ovoj fazi procesa, osiguravajući tako dobru prokuhanost zajedno sa ostalim sastojcima. Ako se masnoće dodaju u ovoj fazi, vrlo je bitan odabir odgovarajućeg mjesta za dodavanje. Najčešće se odabire mjesto blizu izlaza iz kondicionera, kako se ne bi ometao proces želatinizacije, ali se masnoća još uvijek stigne dovoljno raspodijeliti po volumenu pripravka. Razlog tomu je svojstvo masnoća da se lijepe za čestice sastojaka i na taj način onemogućuju penetraciju topline i vlage u česticu, a time i želatinizaciju. Produljenje vremena zadržavanja u kondicioneru je izvrstan način da se postigne potrebna želatinizacija u pripravcima s visokim udjelom masnoća. U slučaju potrebe dodavanja 15 do 20 % masnoća pripravku, uobičajeno je da se dio te masnoće dodaje blizu izlaza iz kondicionera, a preostali dio na izlazu pripravka iz ekstrudera. [2]



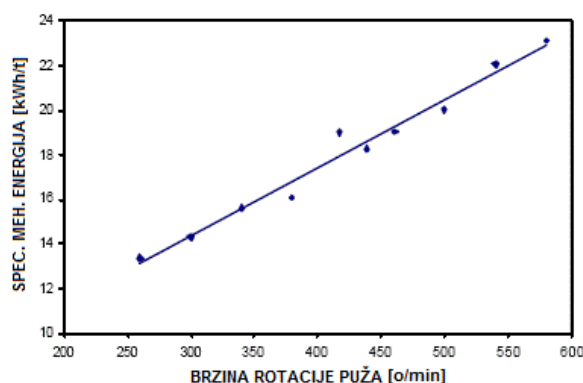
### 3.2.2. Funkcija i dijelovi ekstrudera

Kako pripravak izlazi iz kondicionera, ulazi u cilindar ekstrudera. Ovdje se događaju glavne transformacije kondicioniranog pripravka, što u konačnici određuje gotovi proizvod. Slika 9. prikazuje zone dvopužnog ekstrudera.



**Slika 9. Zone dvopužnog ekstrudera [9]**

Ulazna zona ekstrudera je konstruirana tako da transportira pripravak dalje od ulaznog otvora dalje u cilindar ekstrudera. Pripravak tada dolazi do zone miješanja gdje se amorfni, slobodno tekući materijal pretvara u tijesto. Omjer sažimanja je u ovoj zoni povećan kako bi se voda koja se dodaje u ekstruder lakše rasprostranila po cijelom volumenu pripravka. Također, u ovome dijelu dolazi do znatnog povećanja temperature pripravka. Glavni uzrok porastu temperature u cilindru ekstrudera je trenje između pripravka i puževa, no tome pripomaže i ubrizgavanje vodene pare. Poprečni presjek, odnosno oblik puža može se mijenjati odabirom elemenata različitog uspona, radi dobivanja idealne brzine transporta pripravka prema izlazu. Gustoća pripravka i željena brzina transporta bit će faktori koje pogon ekstrudera mora savladati. Ovisnost brzine rotacije puža ekstrudera o utrošku specifične mehaničke energije prikazana je na slici 10. [2]



**Slika 10. Ovisnost brzine rotacije puža ekstrudera o utrošku specifične mehaničke energije [2]**

Kako je prikazano na slici 10., brzina rotacije puža ekstrudera je vrlo utjecajna varijabla pri regulaciji unosa mehaničke energije. Ovim se pokazuje potreba za pogonskim agregatom varijabilne brzine vrtnje. Osim mehaničkim putem, odnosno trenjem, temperaturu podiže i dodavanje pare, stoga će i ova varijabla biti od velike važnosti. Dodatni unos energije pregrijanom parom znači povećanje kapaciteta proizvodnje, veću otpornost na odstupanja od nazivnog udjela masnoća i smanjenu potrebu za pogonom veće snage. Dodavanje vlage te pravilno podešeni parametri ekstrudera dat će u konačnici pripravak kojem je neposredno prije izlaza, odnosno matrice ekstrudera tlak između 34 i 38 bara, temperatura između 125 i 150°C, te vlažnost 23 do 28 %. [2]

Kada se govori o tipu ekstrudera, postoje jednupužni i dvopužni ekstruderi. Jednupužni se ekstruderi koriste od samih početaka ekstrudiranja hrane za kućne ljubimce. Geometrijske značajke puža i cilindra ekstrudera su tijekom vremena usavršene i predstavljaju rezultat dugogodišnjih proračuna, analiza i testiranja s različitim pripravicima za hranu. Danas korišteni ekstruderi imaju najveći mogući faktor iskoristivosti u pretvorbi mehaničke energije rotacije puža u toplinu putem trenja. Postoji svega nekoliko razloga za korištenje dvopužnog ekstrudera u proizvodnji hrane za kućne ljubimce. Veliki nedostatak dvopužnih ekstrudera je njihova cijena u odnosu na jednupužne ekstrudere, kao i dosta veći troškovi održavanja i rada. Početni troškovi prosječnog dvopužnog ekstrudera su oko 1,5 do 1,7 puta veći nego kod vrhunskog jednupužnog ekstrudera. Zbog razlike u cijeni, samo proizvođači koji veliku vrijednost integriraju u proizvod mogu svoju proizvodnju temeljiti na dvopužnim ekstruderima. [2]

Ralozi korištenja jednupužnog ekstrudera mogu biti slijedeći [2]:

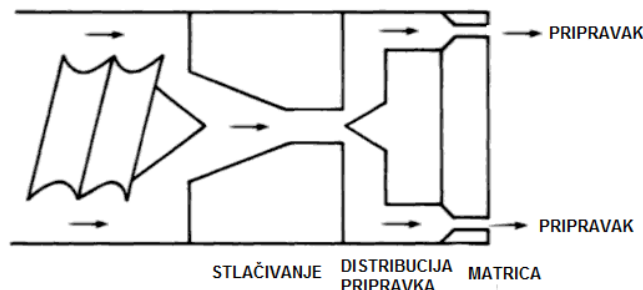
- proizvodnja hrane s visokim postotkom masnoća (preko 17 %),
- proizvodnja hrane s visokim udjelom svježeg mesa (preko 35 %),
- vrlo mali ekstrudat (0,8 do 2,0 mm u promjeru).

Dodatni puž unosi dodatnu mehaničku energiju, a time i toplinu. Zbog toga je moguće, korištenjem dva puža koja suprotno rotiraju, potpuno termički obraditi pripravak sa čak 25 % masnoća. [2]

### **3.2.3. Odrezivanje ekstrudata na pelete**

Na samom izlazu pripravka iz ekstrudera, odnosno nakon puža, nalazi se posebno oblikovan sustav kanala čija je zadaća stlačiti pripravak te ga jednoliko distribuirati prema provrtima na matrici. Provrti matrice su razmješteni po kružnici, a mogu biti

različitih oblika. Oblik provrta određuje željeni oblik peleta, tj. gotovog proizvoda. Često se na istu matricu postavljaju različiti provrti kako bi se odmah dobili različiti oblici peleta. Pri tome je potrebno ujednačiti površine presjeka provrta radi ujednačenog ekstrudiranja. Slika 11. prikazuje sustav kanala s matricom na izlazu iz ekstrudera.



**Slika 11. Sustav kanala s matricom na izlazu iz ekstrudera [9]**

Kako pripravak izlazi iz ekstrudera, formiraju se neprekidne linije ekstrudata s poprečnim presjekom oblika provrta na matrici. Ovdje će doći i do trenutne ekspanzije ekstrudata radi pada tlaka s tlaka u kanalu za distribuciju pripravka na okolišni tlak. Razlog tomu je ekspanzija mjehurića zraka unutar pripravka. Mjehurići će se širiti do pucanja, a time se ekstrudat vraća na specifični volumen koji je za oko 30 % veći od specifičnog volumena pripravka u ekstruderu. Ovaj ostatak značit će da je u ekstrudatu ostalo nešto mjehirića zraka. [10]

Na ovome se mjestu postavljaju noževi. Noževi za odrezivanje ekstrudata su zvjezdastog oblika, s nekoliko oštrica, koji rotiraju određenom kutnom brzinom i na taj način režu ekstrudat na zadanu duljinu. Duljina se može regulirati, a varijable koje utječu na nju su protok pripravka kroz ekstruder, te kutna brzina i broj noževa. Slika 12. prikazuje noževe za odrezivanje ekstrudata.



**Slika 12. Noževi za odrezivanje ekstrudata [9]**

Kako bi se dobio uvid u ovisnosti varijabli o duljini peleta, poslužiti će slijedeći izrazi. Traženi podatak je broj okretaja noža  $n$ . Ulazni podaci podrazumijevaju protočnu masu ekstrudata  $q_m$ , gustoću ekstrudiranih peleta  $\rho_p$ , površinu poprečnog presjeka svake od peleta  $A$ , broj provrta na matrici  $n_p$ , broj noževa koji odrezuju ekstrudat  $n_n$ , te željenu duljina peleta  $l$ . Izrazi glase:

$$q_v = \frac{q_m}{\rho_p} \quad (22)$$

$$v = \frac{q_v}{A \cdot n_p} \quad (23)$$

$$n = \frac{v}{l \cdot n_n} \quad (24)$$

Supstitucijom se dobiva izraz (25), koji daje broj okretaja noža.

$$n = \frac{q_m}{\rho_p \cdot A \cdot n_p \cdot l \cdot n_n} \quad (25)$$

gdje su:

$q_v$  - protočni volumen ekstrudata, [m<sup>3</sup>/s],

$v$  - brzina izlaska ekstrudata iz ekstrudera, [m/s],

$n$  - broj okretaja noža, [s<sup>-1</sup>].

Supstitucijom početni izrazi, (22), (23) i (24) daju izraz (25) koji određuje brzinu vrtnje noža za odrezivanje ekstrudata. Tablica 6. prikazuje nekoliko kombinacija varijabli za zadani kapacitet ekstrudera i duljinu peleta, dobivenih pomoću izraza (25). Kapaciteti ekstrudera su 1500 kg/h i 2500 kg/h, što odgovara radu ekstrudera kapaciteta 2,5 t/h pod opterećenjem od 60 i 100 %. Gustoća peleta se obično kreće između 200 i 650 kg/m<sup>3</sup>. Za potrebe ovog proračuna odabrana je gustoća od 400 kg/m<sup>3</sup>. Odabrana površina poprečnog presjeka peleta je 150 mm<sup>2</sup>, što odgovara promjeru od 13,8 mm za pelete kružnog poprečnog presjeka, te stranici od 12,3 mm za pelete kvadratnog poprečnog presjeka. Broj provrta na matrici je 20, dok je broj oštrica noža 10. Željene duljine peleta bit će 5, 8 i 12 mm.

**Tablica 6. Ovisnost broja okretaja noža o kapacitetu ekstrudera i željenoj duljini peleta**

| Kapacitet ekstrudera, [kg/h] | Željena duljina peleta, [mm] | Broj okretaja noža, [o/min] |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1500                         | 5                            | 417                         |
|                              | 8                            | 260                         |
|                              | 12                           | 173                         |
| 2500                         | 5                            | 695                         |
|                              | 8                            | 434                         |
|                              | 12                           | 290                         |

Kao što je prikazano u tablici 6., broj okretaja noža može značajno porasti s obzirom na zahtijevani kapacitet proizvodnje. Ovaj broj ima svoj maksimum, a ograničenje je u prijenosu mehaničke energije rotacije noža na odrezanu peletu. Pri velikom broju okretaja nož će prejako odbaciti peletu koja se prilikom udara u zaštitni pokrov može raspasti, a takva se tada mora odbaciti kao škart. Maksimum broja okretaja dakle ovisi o mnogo faktora vezanih za sastav ekstrudata, a proračun je opsežan, te se ovo određuje isključivo prema pokusima u probnom radu pogona. Tablica 6. daje samo uvid u red veličine broja okretaja noža, a stvarna se veličina osim kapacitetom ekstrudera značajno mijenja s brojem oštrica noža, brojem i površinom poprečnog presjeka provrta matrice i gustoćom ekstrudata.

### 3.3. DORADA EKSTRUDIRANIH PELETA

Ekstrudirani proizvod, rezan na pelete, nije naročito primamljiv kućnim ljubimcima. Razlog tomu je relativno niski udio masnoća životinjskog podrijetla u pripravku i ekstrudatu zbog lakšeg ekstrudiranja, te nedostatak okusa. Pojačivači okusa se dodaju nakon ekstrudiranja, upravo zbog činjenice da bi ih termička obrada u ekstruderu uništila, ako bi bili dodani prije. U ovoj fazi proizvodnje hrane za kućne ljubimce proizvod se suši, a zatim i premazuje masnoćama i okusima putem posebnih mlaznica u komorama za premaze. Poslije premaza proizvod je nužno ohladiti prije pakiranja jer će vlaga sadržana u zagrijanom zraku unutar ambalaže kondenzirati što može dovesti do stvaranja plijesni i bakterija unutar pakovine.

### 3.3.1. Sušenje peleta

Primarna svrha sušenja je smanjenje postotka vlage u proizvodu. Navedeno je da udio vlage u suhoj hrani za kućne ljubimce treba biti niži od 10 %, kako bi se spriječila pojava plijesni i razmnožavanje bakterija. Pri razmatranju postotka vlage nužno je odrediti nivo aktivnosti vode<sup>6</sup> u proizvodu. Aktivnost vode je najbolji pokazatelj minimalne količine vode u proizvodu za mikrobiološki rast, odnosno razmnožavanje bakterija. Uglavnom, ako je aktivnost vode niža od 0,65, neće doći do mikrobiološkog rasta, a ako je niža od 0,6, tada se neće pojaviti ni plijesanj. [2]

Prije je spomenuto da je najbolji udio vlage u pripravku između 23 i 28 %, za efikasno ekstrudiranje. Dio ove vlage se gubi nakon što tako zagrijan ekstrudat izlazi iz ekstrudera na okolišni tlak i temperaturu, a dio se izgubi vaporativnim hlađenjem na transportnim trakama do sušare. Korištenje pneumatskih transportnih uređaja spustit će razinu vlage za dodatnih 1 do 2 %, a ujedno i održavati zonu izlaza ekstrudata iz ekstrudera čistim ako se pelete zalijepe. [2]

Postoji dva glavna tipa sušara za ekstrudirane pelete - horizontalni tračni i vertikalni tip. Slike 13. i 14. prikazuju ova dva tipa sušara.



**Slika 13. Horizontalni tračni tip sušare [2]**

Kod horizontalnog tračnog tipa, pelete su rasprostranjene po transportnoj traci koja se kreće kroz sušaru. Zagrijani zrak struji preko trake s proizvodom brzinom 40 do 60

---

<sup>6</sup> Aktivnost vode definirana je kao omjer tlaka isparavanja vode unutar neke tvari i tlaka isparavanja čiste vode pri istoj temperaturi. To je intenzivnost kojom se voda veže za različite supstance u tvari u kojoj je prisutna.

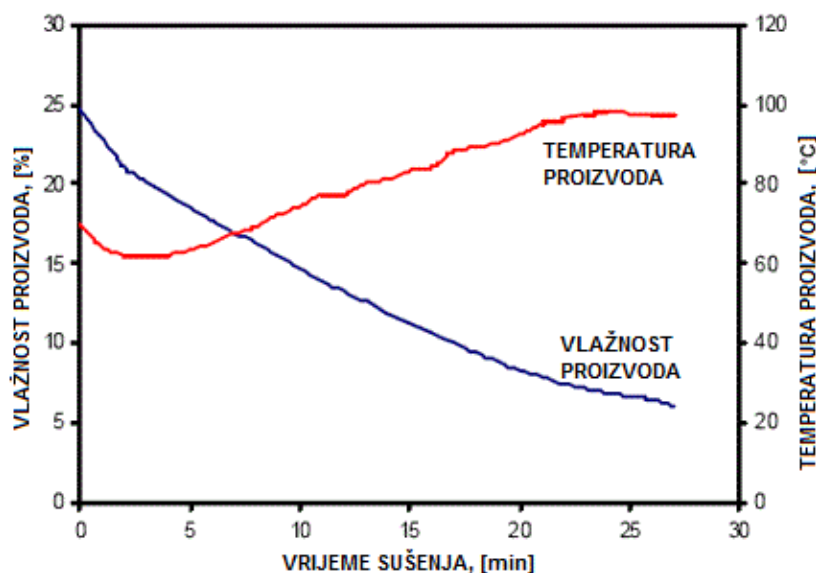
m/min i temperature između 90 i 180°C. Nakon prolaska preko proizvoda, dio zraka se ispušta iz sušare zajedno s vlagom koju nosi, dok se ostatak miješa sa svježim pripremljenim zagrijanim zrakom, dogrijava, te šalje na proizvod opet. Ovaj se tip sušare može izvesti kao jednoprolazni ili višeprolazni, ovisno o potrebama za intenzitet sušenja te ograničenjima dimenzija unutar pogona. Horizontalni tračni tip sušare omogućuje izvrsnu kontrolu vremena zadržavanja, a rezultira dovoljno jednolikom prosušenosti proizvoda. [2]



**Slika 14. Vertikalni tip sušare [2]**

Relativno novi u ovoj grani industrije, vertikalni tip sušare, jest drugi tip koji se pojavljuje. Sastoji se od nekoliko katova složenih jedan na drugi. Proizvod se dostavlja na najviši kat te jednoliko rasprostranjuje. Nakon nekog vremena, ispušta se na kat niže i tako redom do najnižeg. Zagrijani zrak kruži svakim od katova i ispušta se djelomično van sušare, sa vodom koju nosi, dok se drugi dio miješa sa zrakom s kata ispod, dogrijava, te proslijeđuje natrag na proizvod. Ovaj je tip sušara sličan horizontalnom tračnom tipu po tome što zahtijevaju sličnu površinu za rasprostranjivanje proizvoda i slična ulaganja za približno iste kapacitete sušenja. Stupanj korisnosti im je također sličan. Ipak, nekoliko je prednosti vertikalnih sušara u odnosu na horizontalne. Vrlo su čiste jer sve sitne krhotine peleta napuštaju sušaru zajedno s ostatkom peleta, a kasnije se mogu jednostavno ukloniti sitima. Stupanj prosušenosti je nešto veći jer se pelete okreću svaki put kada se spuštaju kat ispod. Zbog svoje vertikalne konstrukcije, zahtjev za površinom unutar pogona je manji, za isti kapacitet horizontalne sušare.

Nekoliko je faktora koji utječu na način sušenja proizvoda - ulazna vlažnost, oblik, veličina i gustoća. Svi ovi faktori mijenjati će izgled krivulje sušenja. Temperatura, dubina trake za rasprostranjivanje proizvoda, te brzina zraka mogu se regulirati na sušari kako bi se postiglo jednoliko i potpuno sušenje do željenog postotka vlage. [2]



**Slika 15. Krivulje sušenja proizvoda [2]**

Krivulje sušenja opisuju kako se proizvod suši. Slika 15. prikazuje primjer sušenja ekstrudiranih peleta. Može se uočiti kako se s vremenom mijenjaju temperatura i vlažnost, s tim da je očiglednije brže sušenje u prvih nekoliko minuta, a kasnije sve sporije. Ovo je logično, jer se prvo suše površinski dijelovi peleta, odakle se vlaga lakše ekstraktira, a tek tada unutarnji dijelovi do kojih zagrijani zrak teže dopire. Pelete ulaze u sušaru s temperaturom od oko 70°C. Temperatura im naglo pada u prvoj fazi sušenja na minimum od 60°C. Nakon što je ekstrahirana površinska vlaga, temperatura počinje rasti, što je rezultat pojave da se toplina brže predaje peletama nego što voda može hlapjeti, zbog usporenog kretanja čestica vode unutar peleta. Točka u kojoj temperatura peleta počinje rasti zove se točka kritične vlažnosti, a na primjeru sa slike 15., ona iznosi 18 %. [2]

Nakon sušenja je uobičajeno provlačenje peleta preko sita kako bi se eliminirale krhotine nastale tijekom sušenja i transporta. Ove se krhotine mogu reciklirati vraćanjem u ekstruder i ponovnim miješanjem sa pripravkom. Kod pravilno podešenih parametara proizvodnje, ne bi se smjelo pojavljivati više od 5 % krhotina, odnosno škarta. [2]



### 3.3.2. Premazivanje peleta

Većina proizvođača suhe hrane za kućne ljubimce nakon sušenja, peletama dodaje masnoće i pojačivače okusa u obliku tekućeg premaza kako bi im se pojačala jestivost. Uobičajeno je da se premazi dodaju peletama nakon sušenja i prolaska preko sita, jer tople pelete tada lakše upijaju ove sastojke. Čest je način premazivanja u cilindrima s brazdama koji rotiraju dok pelete prolaze kroz njih. U cilindru je neprestano maglica ovih premaza koji se brizgaju iz mlaznica, a brazde na plaštu cilindra osiguravaju da se svaka peleta okrene nekoliko puta i bude premazana sa svih strana. Prolaskom kroz maglicu premaza pelete upijaju premaz, te nastavljaju dalje na transportnu traku. Cilindar je opremljen vagom koja neprestano važe pelete koje su unutar njega. Na taj način se određuje potreban dotok masnoća i pojačivača okusa kako bi se osigurala potrebna količina na sve pelete jednoliko. U slučaju premaza 1 do 5 % masnoća na pelete, koristi se mlaznica koje stvaraju maglicu, dok je za veće postotke uobičajeno korištenje mlaznica koje izbacuju mlaz masnoća. Slika 16. prikazuje izvedbe cilindara za premaze. [2]



**Slika 16. Izvedbe cilindara za premaze peleta [2]**

Da bi masnoća bila raspršiva, ne smije se dovesti na temperaturu skrućivanja. Stoga je bitno da cisterne s masnoćama budu grijane. Optimalna i preporučena temperatura u ovim cisternama je 60°C.

U novije vrijeme postoji još jedan način premazivanja peleta. To je tzv. *tekući zastor* kojeg tvori rotirajući disk iz čijeg oboda struje masnoće i pojačivači okusa. Ovo eliminira potrebu za mlaznicama za maglicu. Također, u ovu se svrhu koriste i

visokobrzinske miješalice. Budući da rade velikom brzinom, pretvaraju šaržni način rada u kontinuirano-šaržni. Nakon punjenja, preporučena količina masnoća i pojačivača okusa se ubacuje u spremnik, te se miješalica pušta u rad. Trenjem i sudaranjem peleta postiže se rasprostranjivanje premaza jednoliko i brzo. Ciklus uobičajeno traje između 5 i 30 sekundi.

### **3.4. PAKIRANJE**

Zadnja operacija u proizvodnji hrane za kućne ljubimce, a prije pohranjivanja u izlazno skladište do transporta, jest pakiranje. Strojevi i oprema za pakiranje moraju biti savršeno dimenzionirani za kapacitet proizvodnje i ne smiju raditi zastoje zbog sporih ciklusa pakiranja. Cijeli sustav za pakiranje uobičajeno podrazumijeva nekoliko različitih strojeva. Ovo je iz razloga što se hrana za kućne ljubimce pakira u ambalaže različite veličine, ali i zbog sprečavanja zastoja u proizvodnji ako jedan od strojeva za pakiranje prestane raditi ili zahtijeva kalibriranje.

Strojevi za pakiranje odabiraju će se prema odabranoj ambalaži za hranu, a na liniji suhe hrane vršit će radnje uzimanja ambalaže sa za to predviđenog mjesta, pripremanja za punjenje, punjenja peleta, te zavarivanja malih PEHD vrećica ili šivanja velikih papirnatih vreća. U liniji vlažne konzervirane hrane, stroj će dobavljati konzerve, puniti pripravak, te zatvarati konzerve nakon punjenja priprema, a prije faze sterilizacije, odnosno kuhanja sadržaja konzervi. Dakle, ovdje faza pakiranja dolazi puno prije samoga kraja procesa proizvodnje vlažne hrane. Na samome kraju pak, nakon faze lijepljenja etiketa na konzerve, dodatni stroj će postavljati plastične poklopce. Nakon ove se operacije konzerve slažu u kutije te transportiraju u izlazno skladište.

Odabrane ambalaže za suhu hranu su pakovanja od 0,4 i 2 kg za hranu za mačke, te 4, 8 i 15 kg za hranu za pse. Vlažna hrana će se konzervirati u konzerve sadržaja 0,4 kg hrane za mačke i 0,8 kg hrane za pse. Prema maksimalnim proizvodnim kapacitetima proračunatim ranije, koji iznose 5 t/h za liniju suhe hrane, te 7 t/h za liniju vlažne hrane utvrditi će se broj ciklusa pakiranja koje strojevi za pakiranje moraju biti u stanju obaviti. Bitno je navesti da će se kod suhe hrane za mačke polovica ukupne proizvedene mase pakirati u vrećice za 0,4 kg hrane, a polovica mase u vrećice za 2 kg hrane. Kod hrane za pse, polovica ukupne proizvedene hrane pakirat će se u vreće za 15 kg hrane, dok će se preostala polovica mase pakirati u jednakim omjerima u vreće od 4 i 8 kg.

Tablica 7. pokazat će broj ciklusa pakiranja izraženima po minuti potrebnih za ove proizvodne kapacitete i odabir ambalaže.

**Tablica 7. Ovisnost broja ciklusa pakiranja o odabiru ambalaže**

| Vrsta hrane           | Masa hrane u ambalaži, [kg] | Predviđena masa za pakiranje, [kg/h] | Broj ciklusa pakiranja, [h <sup>-1</sup> ] |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| Suha za mačke         | 0,4                         | 2500                                 | 6250                                       |
|                       | 2                           |                                      | 1250                                       |
| Suha hrana za pse     | 4                           | 1250                                 | 313  |
|                       | 8                           |                                      | 157  |
|                       | 15                          | 2500                                 | 167  |
| Vlažna hrana za mačke | 0,4                         | 7000                                 | 17500                                      |
| Vlažna hrana za pse   | 0,8                         |                                      | 8750                                       |

Već na prvi pogled iz tablice 7. se može uočiti vrlo velik raspon broja ciklusa, a razlog tome je i vrlo velik raspon u predviđenoj masi pakovine hrane. Dobiveni brojevi ciklusa pakiranja hrane predstavljaju podatke za maksimalni proizvodni kapacitet pogona. S obzirom da je podatak o maksimalnom kapacitetu proizvodnje dobiven nakon povećanja realnog kapaciteta za 30 % radi manje opterećenosti strojeva, a taj broj zaokružen na prvi veći, u stvarnosti se ne očekuje ovaj broj ciklusa, već će biti nešto manji. Ipak, pri projektiranju sustava, moraju se uzeti podaci o maksimalnom kapacitetu, kako u niti jednom trenutku pakiranje ne bi prouzrokovalo zastoje u radu linija.

#### 3.4.1. Stroj za uvrećavanje

Za pakovine veće mase, npr. hrane za pse, gdje nije potrebna velika brzina pakiranja, odabrat će se pakirni stroj koji uvrećava proizvod. Ovakav tip stroja je već uobičajen u proizvodnji hrane za kućne ljubimce. Ambalaža, odnosno vreće, se dostavljaju u rolama, spojene u jednu kontinuiranu cjelinu. Početak role se ubacuje u stroj preko posebnih prihvata za navođenje i širenje vreća. Uvlakač prvo uvlači rolu za duljinu koja je predviđena da se raširi u jednu vreću. Nakon toga se rola strojno odrezuje nožem, a vreća povlači u položaj za punjenje. Punjenje u raširenu vreću se

izvršava gravitacijski, gdje proizvod pada iz spremnika u vreću u zadanoj količini, a nakon toga se dovod prekida. Zadanu masu proizvoda koji će upasti u vreću prati mjerni sustav stroja. Ovaj sustav se sastoji od mjernog osjetila - vage na postolju za vreću, upravljačkog računala koje će pratiti masu na temelju signala iz mjernog osjetila, te sustava za cikličko otvaranje i zatvaranje dotoka proizvoda na temelju signala iz upravljačkog računala. Ovakvi se strojevi grade modularno, tako da im se dio koji obavlja radnju zatvaranja vreće može mijenjati ovisno o tipu zatvaranja - varenje plastičnih vreća ili šivanje papirnatih vreća. Slika 17. prikazuje stroj za uvrećavanje.



**Slika 17. Stroj za uvrećavanje [2]**

Strojevi za uvrećavanje tipično imaju kapacitet do 60 pakovanja u minuti, što za ove proizvodne kapacitete zadovoljava. Budući da će se na ovome stroju pakirati suha hrana za pse mase pakovine 15 kg, te suha hrana za mačke mase pakovine 2 kg, dobiju se potrebni kapaciteti 3 pakovanja/min za hranu za pse i 21 pakovanja/min za hranu za mačke.

### **3.4.2. Kombinacijski punjači**

Problem u dimenzioniranju i projektiranju sustava pakiranja nastaje pri zahtjevima na veliki broj ciklusa uz zahtjev na točnost mase koja se pakira. U ovome slučaju, to je kod linije suhe hrane, za pakiranje hrane za mačke, gdje je pakovina mase 0,4 kg. Za

pakiranje na samo jednom stroju, bit će potrebno 6250 ciklusa pakiranja na sat, što je moguće postići samo u slučaju pakovina mase do 100 g. Kod ovih parametara pakiranja bit će potrebno odabrati brze i točne strojeve kao što su kombinacijski punjači. Slika 18. prikazuje stroj za kombinacijsko punjenje sa strojem za uvrećavanje.



**Slika 18. Stroj za kombinacijsko punjenje sa strojem za uvrećavanje [11]**

Stroj za kombinacijsko punjenje je opremljen upravljačkim računalom u koje se unosi željena nazivna masa pakovine. Nakon što je deklarirana masa, stroj je spreman za rad. Putem vibracijskog dodavača ili pokretne trake, proizvod se dobavlja na vrh punjača, gdje su kružno postavljeni kanali, tj. dovodi do posudica za odmjeravanje, također vibracijske staze. Ovakvi strojevi obično sadrže od devet do 14 posudica, a nerijetke su izvedbe i sa 20 komada. Maksimalni broj koji se danas koristi je 36. Što je više posudica, stroj je brži i točniji, ali zahtijeva i sofisticiraniji mikroprocesor za upravljanje svim podsustavima stroja simultano. Posudice će se postupno puniti do neke mase, određene isključivo slučajnim putem, ali daleko ispod nazivne. Najčešće su to vrijednosti između 20 % i 33 % zadane mase. Svaki od nosača posudica opremljen je svojim mjerачem mase, a izmjereni se podatak šalje u upravljačko računalo. Računalo tada na temelju informacija o masi proizvoda unutar svake od posudica, pokreće proceduru računanja kombinacije posudica. Kao rezultat vraća podatak čija je masa najbliža nazivnoj. Nakon što utvrdi koja je kombinacija najtočnija, šalje upravljačke

signale u sustav za otvaranje posudica, ali samo onih za koje je utvrđeno da ulaze u kombinaciju. Kada su posudice otvorene, proizvod će gravitacijski propasti u prikupni lijevak koji vodi do otvora ispod kojeg je postavljena ambalaža. U međuvremenu, posudice koje su ostale prazne, napunit će se opet nekom slučajnom količinom proizvoda i proces počinje iznova. [11]

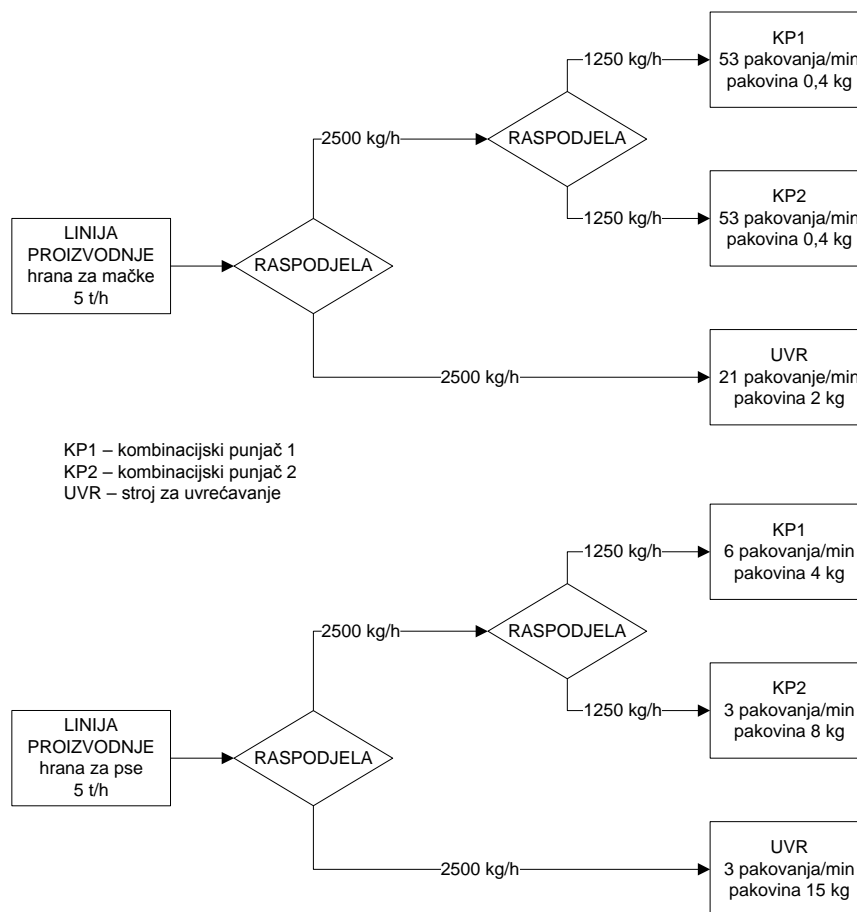
Ovisno o deklariranoj masi punjenja, kapacitet ovih strojeva kreće se do čak 160 punjenja u minuti. Za potrebe ovdje razmatranog proizvodnog sustava, gdje se ovaj stroj odabire za punjenje suhe hrane za mačke mase pakovine 0,4 kg, bit će potrebno 105 punjenja u minuti. Za masu pakovine 0,4 kg kombinacijski punjač neće biti u stanju postići ovako kratke cikluse. Zbog toga će se pakiranje suhe hrane za pse i mačke podijeliti na dva ovakva punjača. Na taj način je maksimalni broj ciklusa 53 punjenja/min, što zadovoljava proizvodne kapacitete.

### **3.4.3. Raspodjela operacija pakiranja na raspoložive strojeve**

Kako je prethodno opisano, za pakiranje hrane za pse i mačke odabrat će se jedan stroj za uvrećavanje za velike vreće, te dva kombinacijska punjača sa strojevima za uvrećavanje u manje vrećice. Samo na taj način će se osigurati dovoljno brzo punjenje s obzirom na proizvodne kapacitete, uz dovoljnu točnost punjenja.

U periodu proizvodnje hrane za mačke pola količine proizvoda, odnosno 2500 kg/h, usmjerit će se prema većem stroju za uvrećavanje. Na njemu će se pakirati u vrećice za masu 2 kg, i to brzinom 21 pakovanja/min. Ostatak od 2500 kg/h usmjerit će se prema dva kombinacijska punjača, od kojih će oba u jednakim omjerima mase puniti u ambalažu za masu 0,4 kg, i to brzinom od 53 pakovanja/min.

U periodu proizvodnje hrane za pse pola količine proizvoda, odnosno 2500 kg/h, usmjerit će se prema većem stroju za uvrećavanje. Ovaj će stroj pakirati proizvod u velike vreće, mase pakovine 15 kg, brzinom od 3 pakovanja/min. Ostatak od 2500 kg/h usmjerit će se prema dva kombinacijska punjača, od kojih će oba u jednakim omjerima mase puniti u ambalaže za masu 4 kg i 8 kg. Brzina punjenja u ambalaže za masu 4 kg bit će 6 pakovanja/min, dok će brzina punjenja u ambalaže za masu 8 kg biti 3 pakovanja/minuta. Dijagram na slici 19. pokazuje ovu raspodjelu.



**Slika 19. Dijagram raspodjele operacija pakiranja na raspoložive strojeve**

#### 3.4.4. Konzerviranje pripravka u liniji vlažne hrane

Za konzerviranje pripravka koriste se strojevi koji na svoj ulaz putem pokretne trake dobivaju prazne konzerve sa već jednom stranom zatvorenom, pune ih, te drugu stranu zatvaraju putem posebno konstruirane glave koja uprešavanjem poklopca stvara hermetički zatvoreni spoj. Konzerve u proizvodnji dolaze u kutijama, a na pokretnu traku se postavljaju ručno. Razlog tomu je dodatna kontrola operatera, kako se na punjenje ne bi propustila konzerva nepravilnog ili udubljenog oblika, što može dovesti do kvara i zastoja linije.

Konzerve dolaze sa već postavljenim poklopcem, a ne dnom. Ovo je iz razloga što je gornja strana konzerve konstruirana sa polugom za ručno otvaranje prilikom konzumacije hrane, a nepravilan oblik poklopca znači i puno složeniji sustav za prihvata ovakvih poklopaca u stroju. Da bi se ovo izbjeglo, konzerve su okrenute obrnuto, te se tako i pune. Nakon punjenja, postavlja se dno koje je jednostavnijeg i simetričnog oblika, lakšeg za prihvata. Posebno konstruiranim rampama se konzerve okreću, kako bi bile spremne za slaganje u okvire u kojima odlaze na sterilizaciju.

### 3.5. TRANSPORT

U procesu proizvodnje hrane za kućne ljubimce materijal, od sirovine do gotovog proizvoda, znatno mijenja mehanička svojstva, i treba osigurati odgovarajuću povezanost između elemenata sustava tokom materijala. To se odražava potrebom za različitim načinima transporta. Transport se realizira: pužnim transporterima, transportnim trakama i pneumatskim transporterima.

#### 3.5.1. Transport žitarica

Žitarice se ručno ubacuju iz vreća u usipne koševe, iz kojih će ih pužni transporteri u cjevovodima dovesti u tampon ćelije gdje se čuvaju do ubacivanja u proces mljevenja. Kako su tampon ćelije postavljene iznad strojeva za mljevenje, pužni transporteri moraju biti postavljeni koso u visinu, radi podizanja žitarica. Nakon mljevenja, žitarice se ponovno podižu iznad još jedne grupe ćelija u kojima se čuvaju mljevene žitarice, prije ulaska u miješalicu. Ovaj se transport također obavlja koso postavljenim cjevovodima s pužnim transporterima. Izlaz iz ćelija mljevenih žitarica postavljen je iznad miješalice, kako bi meljava gravitacijski upadala u miješalicu, u reguliranim količinama. Slika 20. prikazuje horizontalni i kosi pužni transporter sa usipnim košem.



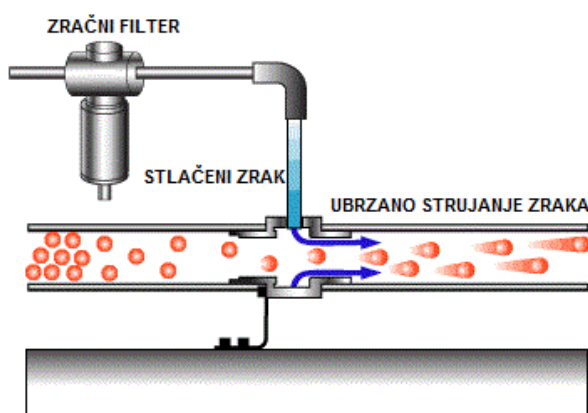
**Slika 20. Horizontalni i kosi pužni transporter sa usipnim košem**

Nakon miješalice, u kojoj se dobiva smjesa žitarica, povrća i mesne paste, horizontalni će pužni transporter postavljen u dno miješalice, kroz izlazni otvor transportirati smjesu u sustav za ekstrudiranje prikazan na slici 7.



### 3.5.2. Transport ekstrudiranih peleta

Izlaskom iz ekstrudera i odrezivanjem na pelete, proizvod dobiva svoj konačan oblik. Između operacije odrezivanja na pelete i sušenja koristi se pneumatski transport. Ispod sabirnog koša za pelete je ulaz u cjevovod kroz koji struji zrak, te usisava pelete velikom brzinom. Korištenjem pneumatskog transporta se uz transport peleta, ostvaruje i njihovo hlađenje nakon ekstrudera. Da bi sušenje bilo efikasnije, pelete moraju ući sa nižom temperaturom od temperature nakon izlaska iz ekstrudera, jer je tada intenzivnija izmjena topline, a samim time i intenzivnije sušenje. Princip pneumatskog transporta prikazan je na slici 21.



**Slika 21. Princip pneumatskog transporta peleta**

Ovako ohlađene pelete ispuštaju se na pokretnu traku, koja ulazi u sušaru. Točno definiranom brzinom traka će transportirati pelete kroz unutrašnjost sušare, kako bi se ravnomjerno osušile. Kako je za sušenje potrebno relativno mnogo vremena, transportne trake moraju biti duge, te se zbog smanjenja dimenzija sušare, izvode u obliku etaža. Pelete ulaze na vrh, te prolaze kroz sušaru etažu po etažu padajući s kraja jedne na početak druge koja je usmjerena suprotno, da bi nakon potrebnog vremena sušenja izlazile na najnižoj.

Nakon sušare, pelete se nastavljaju kretati transportnom trakom do cilindra za premaze, a tamo se ispuštaju u njega. Iz cilindra za premaze do strojeva za pakiranje transportna traka bit će duža, s postavljenim ventilatorima, zbog potrebnog hlađenja peleta nakon premazivanja toplim premazima. Transportne trake dostavljaju proizvod do usipnih koševa strojeva za pakiranje. Nakon što je proizvod zapakiran u ambalažu, pakovine se trakama dostavljaju do zone paletiziranja. Ovaj posao obavljaju radnici, ručno.

Posljednja operacija u nizu je zamatanje paleta s pakovinama folijom, radi osiguranja stabilnosti, te prevoženje paleta viličarom u izlazno skladište u kojem će proizvod čekati transport do prodajnih centara.

### **3.5.3. Transporti u liniji vlažne hrane**

U liniji vlažne hrane potrebno je ukazati na dodatni transport koji se izvršava nakon punjenja konzervi. Radi se o prevoženju konzervi, složenih u okvire, kolicima u spremnik za sterilizaciju, odnosno spremnik za kuhanje, ako se radi o šaržnom načinu sterilizacije. Pokazalo se da je bolje rješenje ako ovaj transport izvršava čovjek. Razlog tomu je uglavnom složenost sustava za prihvrat konzervi, njihovo slaganje u okvire, te transport u tunel za sterilizaciju. Kada ovaj posao radi čovjek, moguća je kontrola oblika i pravilne zatvorenosti konzervi i na ovome mjestu.

U slučaju kontinuiranog načina, odnosno kuhanja u sterilizacijskim tunelima, ovdje nije nužno prisustvo čovjeka, već je cijeli proces automatiziran, a transport izvršen transportnim trakama.

## **3.6. OSTALI PROCESI U PROIZVODNJI HRANE ZA KUĆNE LJUBIMCE**

Osim primarnih procesa, te strojeva i opreme vezanih za njih, u proizvodnji hrane za kućne ljubimce postoje dodatni procesi bez kojih proizvodnja ne bi bila moguća. Ovi procesi uključuju pripremu vode za dodavanje pripravku, pregrijavanje vodene pare, stlačivanje zraka za pneumatski pogonjene dijelove strojeva i pneumatski transport, te grijanje masnoća kojima se ekstrudirane pelete premazuju.

### **3.6.1. Priprema vode i zraka**

Voda, vodena para i zrak su mediji koji se u proizvodnji hrane za kućne ljubimce koriste u svim fazama proizvodnje. Vodena para se dodaje smjesi još u miješalici kako bi se povećala vlažnost i poboljšalo miješanje, dodaje se u kondicioneru, za dodatno povećanje vlažnosti. Dodaje se i kako bi podigla temperaturu smjese i omogućila početak kuhanja. U ekstruderu se može uz uobičajeno dodavanje vodene pare, dodati i vrela voda. Nakon ekstrudera, zrak je medij kojim se pelete transportiraju, ali i hlade. U sušari će suhi zagrijani zrak preuzimati vlagu iz peleta i nositi ga izvan sušare, nakon čega opet ulazi u pripremu i proces sušenja. Kod sterilizacije konzervi, pregrijana će

vodena para biti medij za kuhanje sadržaja konzervi. Svi ovi procesi zahtijevaju vodu ili zrak koji su prethodno pripremljeni.

Priprema vode podrazumijeva ponajprije dovod vode u spremnik iz glavnog voda, odnosno gradske vodovodne mreže. Nakon pohrane u glavnom spremniku, veći dio vode odlazi preko filtera u isparivač, dok se ostatak koristi za razna ispiranja u pogonu, te sanitarne čvorove. U isparivaču se filtrirana voda zagrijava do isparavanja, te odlazi parovodima do mjesta ubrizgavanja u pripravak u kondicioneru ili ekstruderu. Vrlo je važno da voda bude filtrirana, jer postaje sastavni dio hrane. Isto tako, iz vode se mora izlučiti kamenac, kako se ne bi ugrozila protočnost parovoda i cijevi taloženjem kamenca.

Zrak za transport nije potrebno grijati, ali prethodno mora proći kroz zračni filter jer će doći u doticaj s peletama. U slučaju sušenja peleta u sušari, zrak se priprema tako da mu se spušta udio vlage, te povećava temperatura, sve unutar jedinice za pripremu zraka u sušari.

### **3.6.2. Priprema masnoća**

Masnoće koje se u procesima proizvodnje koriste, dolaze u kamionima, te se skladište u spremnike. Izravno iz ovih spremnika se i koriste, putem cjevovoda do cilindra za premaze. Masnoće je u spremnicima potrebno grijati, kako bi održale potrebnu viskoznost za proces premazivanja. Uobičajeno se radi o temperaturama između 50 i 60°C. Na ovoj se temperaturi masnoće smiju čuvati najviše 8 dana, a nakon toga u potpunosti iskoristiti. Nakon 8 dana dolazi do užeglosti i povećanja pH vrijednosti. Svaka masnoća sadržava izvjesne količine nečistoća i primjesa koje se talože na dno spremnika, te je iz tog razloga potrebno svakodnevno ispuštanje nečistoća i vode putem ventila na dnu spremnika. [7]

Za održavanje otopljene masti na temperaturi od 50°C potrebno je samo podmirivati gubitke topline u okolinu. Dobro izolirani spremnik gubi toliko topline da se temperatura masti snizuje za oko 1 do 2°C na sat vremena. Za podmirenje ovih gubitaka treba po 1 kg masti oko 5000 J/(h kg). [7]

### 3.6.3. Sterilizacija i sušenje konzervi

Sterilizacija konzervi, odnosno kuhanje njihovog sadržaja, vrši se prvenstveno radi uništavanja svih oblika života koji su mogli ostati u nekom od sastojaka u pripravku - bakterije, virusi, plijesanj. Na taj se način omogućuje duži vijek trajanja konzerve, bez kvarenja sadržaja. Tek u ovoj fazi će doći do kemijskih reakcija između sastojka, te želatinizacija škroba. Također, na ovaj način termički obrađena hrana je kućnim ljubimcima puno primamljivija.

Sterilizacija se može izvesti u spremnicima, koji rade na principu šarže, te u sterilizacijskim tunelima, koji su kontinuiranog protoka, sa točno određenim brzinama transportnih traka radi potrebnog vremena zadržavanja. Kuhanje se izvršava pomoću mlazova pregrijane vodene pare. Ovisno o veličini konzerve, te sastojcima, konzerve se kuhaju pri različitim uvjetima. Primjerice, za konzervu sadržaja mase 0,4 kg, tipičnog sastava pripravka, konzerve se griju na 120°C i kuhaju 80 minuta. [1]

Za zadnje faze u proizvodnji vlažne hrane, odnosno lijepljenje naljepnica, postavljanje dodatnih plastičnih poklopaca i slaganje u kutije, konzerve je potrebno osušiti i ohladiti. Ova se operacija izvršava u protočnoj sušari, koja je u slučaju kontinuiranog načina sterilizacije iduća u lancu, povezana transportnom trakom. U tunelu za sušenje konzervi, temperatura im se spušta do 38°C. [1]

### 3.6.4. Otpad u proizvodnji hrane za kućne ljubimce

Pod pojmom otpada u proizvodnji hrane za kućne ljubimce podrazumijeva se ekstrudat koji nije dovoljno vlažan ili ima previsok udio vlage. U slučaju manjka vlage, s udjelom manjim od 13 %, pelete nakon ekstrudiranja i odrezivanja neće biti postojane, te će se raspadati. To je tzv. *suh* otpad. Kao takve, nisu pogodne za daljnju doradu, te se na sitima odvajaju i vraćaju u proces. Najčešće se ponovno usitnjavaju, kako bi se u procesu predkuhanja i ekstrudiranja mogle dovoljno homogenizirati u smjesu. Pravilan omjer dodavanja recikliranih peleta u svježu smjesu je između 0 i 5 %.

*Vlažni otpad* podrazumijeva ekstrudat nastao najčešće pri pokretanju sustava za ekstrudiranje, kada upravljački sustav još nije uravnotežio parametre pri obradi smjese. Također, ovo se odnosi i na ekstrudat nastao pri zaustavljanju ekstrudera. Pojavu otpada ne može se ukloniti zbog prirode procesa, ali se može reducirati optimiziranjem parametara pri pokretanju sustava, a sav otpad reciklirati vraćanjem u proces i ponovnom obradom. [15]

## 4.POSLOVNI PROCESI

---

Svaka djelatnost projektiranja usko je vezana za poslovne procese koji se odvijaju paralelno s njom. Pod poslovne procese ubrajaju se prije svega natječaji za dobivanje posla, a kasnije početni i oni naknadni dogovori s investitorom, definiranje projektnih zahtjeva i ograničenja ili natječaji za izvođače radova. Vrlo je bitna detaljna podjela rada među sudionicima – stručnjacima različitih struka, jer je projektiranje postrojenja za proizvodnju hrane za kućne ljubimce mutidisciplinarna djelatnost.

Natječaji za izbor projektanta su prva i osnovna faza. Za idejno rješenje postrojenja koje će pristupiti natječaju, utrošit će se znatno manje resursa u pogledu projektantskog vremena nego za stvarno projektiranje, ali ono je vrlo bitno. Na temelju idejnog rješenja, uz kojeg se prilažu okvirni troškovnici i procjena investicije, investitor odlučuje o izboru projektanta koji će projektirati postrojenje. Glavni faktor pri izboru projektanta uglavnom je procjena troškova, no to može biti i način izvedbe rješenja, te drugi faktori kao što je npr. mogućnost proširenja u budućnosti. Pri izradi idejnog rješenja, bit će dakle bitna što preciznija procjena troškova uz najpovoljnije uvjete, te vrlo brza izrada. Tek po odabiru idejnog rješenja i dobivanju posla, može se pristupiti detaljnom planiranju projekta.

Na samome početku su mnogobrojni sastanci s investitorom radi razrade plana i načina projektiranja. U ovoj fazi se točno definiraju projektni zahtjevi i željeni kapacitet proizvodnje. Nakon prvih dogovora o mogućoj izvedbi objekta, potrebnim strojevima i opremi, izrađuju se detaljniji troškovnici, te prostorni plan. Ako su troškovnici i prostorni plan prihvaćeni od strane investitora, proces projektiranja može započeti.

Proces projektiranja započinje odmjeravanjem katastarske čestice gdje bi postrojenje trebalo biti izgrađeno, planiranja dovoda plina, električne energije, čiste vode, te odvoda kanalizacije. Isto tako, već u ovoj fazi se planiraju prometnice uz objekt, kao i eventualna parkirališna mjesta. Glavni projektant sa svojim suradnikom je zadužen za prostorni razmještaj svih navedenih čimbenika. Kada se prostorni razmještaj ustanovi, dolazi faza projektiranja temelja i svih betonskih konstrukcija. Ovo je posao arhitekta u projektnom uredu. Suradnik na projektu će paralelno, uz unaprijed točno utvrđene dimenzije i prostorni razmještaj, projektirati dovod plina, električne energije i čiste vode. Također, projektirat će i cjevovode i transportne puteve sirovina unutar pogona. Ovaj gotovi projekt, koji uključuje arhitekturu, strojno-tehnološki dio, te plan plinskih i električnih instalacija, investitor također mora odobriti.

Putem natječaja odabiru se suradnici monter koji će obavljati sve radove na samoj lokaciji, a istovremeno se mora imenovati i nadzor gradilišta. Glavni nadzor mora biti od strane ovlaštenog inženjera strojarstva ili građevine, a može ga imenovati tvrtka ili investitor.

Vrlo je bitno da u svim početnim fazama u projektiranju budu prisutne metode istodobnog inženjerstva, te korištenje računalnog softvera. Digitalizacijom podataka, te mogućnošću brzog dijeljenja informacija između sudionika projekta, uklonili bi se neki sada uobičajeni zastoji. Paralelan rad svih stručnjaka na projektu, te istovremen pristup informacijama značit će ubrzano odlučivanje i vrlo brzo definiranje elemenata sustava. Samo na ovaj način će se izbjeći zastoji u projektiranju koji vrlo često mogu znatno produžiti trajanje izrade projekta.

## **5.PROJEKTIRANJE SUSTAVA ZA PROIZVODNJU**

---

Projektiranje bilo koje vrste proizvodnog sustava, a time i sustava za proizvodnju hrane za kućne ljubimce je iterativni proces. Tijekom razrade projekta, potrebno je nekoliko puta vraćati se korak unatrag kako bi se krajnji rezultat optimirao. Također, bit će potrebno nekoliko varijanti rješenja kako bi se odabralo ono najpovoljnije s obzirom na projektne zahtjeve i ograničenja. Prvi korak je uvijek definiranje proizvoda, proizvodnih količina, te potrebnih procesa da bi se sirovine pretvorile u proizvod. Sve ovo je obuhvaćeno u prethodnom dijelu ovoga rada.

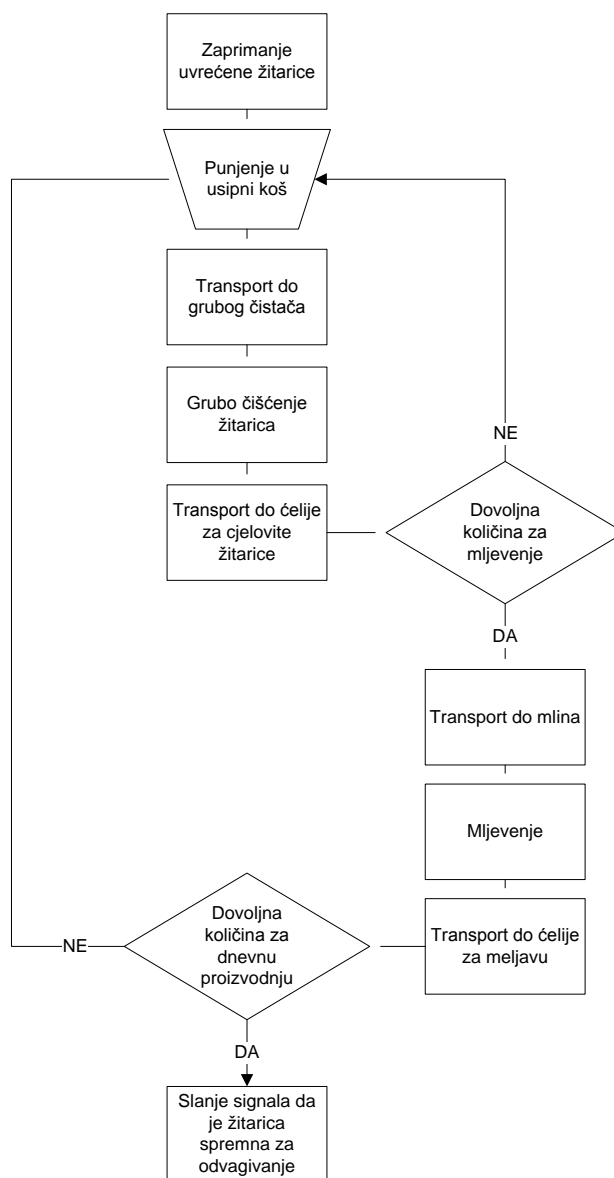
Osnova svakog projekta je dijagram toka proizvodnje s naznačenim tehnološkim operacijama, na temelju kojeg se detaljno razrađuje sustav. Pojednostavljene tokove operacija u proizvodnji hrane za kućne ljubimce prikazuju slike 2. i 3.

Nakon prvog i nužnog uvjeta, potrebno je detaljnije definirati tok proizvodnje, a zatim i projektna ograničenja kao što su proizvodna površina, razmještaj strojeva, zakoni i propisi, te utrošak raspoloživih novčanih sredstava i energije.

## 5.1. DIJAGRAMI TOKA PROIZVODNJE

Nakon definiranja pojednostavljenih tokova proizvodnje, prikazanih na slikama 2. i 3., gdje su vidljive tehnološke operacije, proces proizvodnje se može detaljnije razraditi. Svaku operaciju u nizu obavlja zasebni stroj, a transport zasebni transportni uređaj. Neke od operacija obavljaju se ručno iz razloga navedenih u prethodnom dijelu ovoga rada. Pri detaljnijoj razradi tehnoloških procesa, postrojenje je nužno raščlaniti u tri nezavisne cjeline, jer na taj način i djeluje.

Prva cjelina je priprema zaprimljenih žitarica za miješanje. Obuhvaća sve radnje od zaprimanja pojedine vrste žitarice u ulazno skladište do njenog pohranjivanja u ćeliju za meljavu. Slika 22. prikazuje dijagram toka operacija za pripremu žitarica za miješanje.

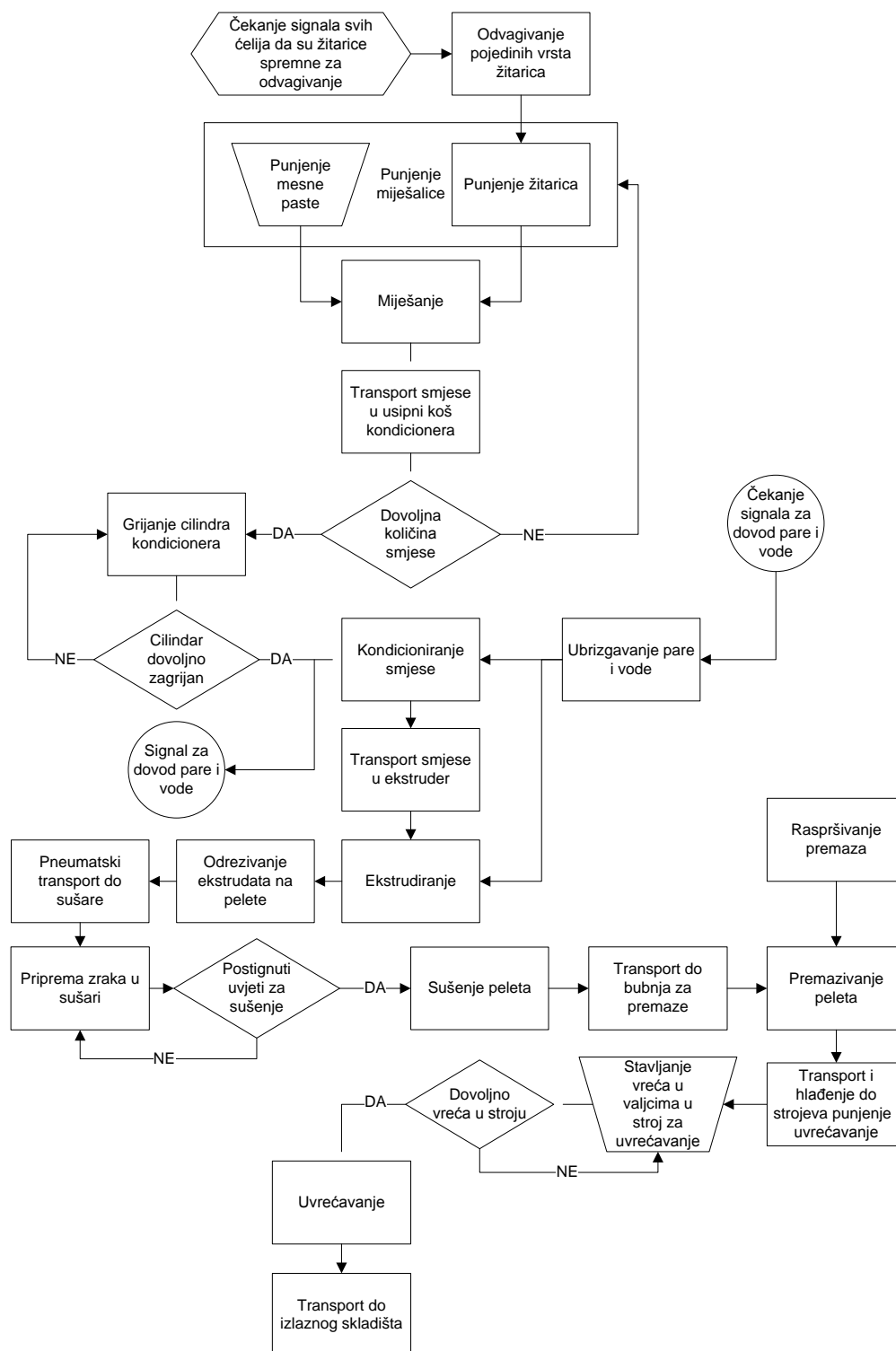


**Slika 22. Dijagram toka operacija za pripremu pojedine žitarice za miješanje**



Na slici se mogu uočiti petlje do kojih dolazi ako uvjeti nisu ispunjeni. Prva petlja se odnosi na puštanje mlina u pogon. Mlin se ne pokreće ako u tampon ćeliji za pohranjivanje cjelovitih zrna žitarice nema dovoljno ove sirovine. Nakon mljevenja, žitarica se pohranjuje u ćeliju za meljavu, te je spremna za daljnje operacije, odnosno miješanje. Ako u ćeliji za meljavu nema dovoljno sirovine za dnevnu proizvodnju, bit će potrebno dodatno punjenje u usipni koš i ponavljanje procesa. Tek kada je ćelija dovoljno puna, signalizirat će da je dnevna količina zadovoljena, te da se može nastaviti s idućom fazom u proizvodnji, ili proces ponavljati s drugom vrstom žitarice.

Iduća cjelina je proizvodnja suhe hrane. Slika 23. prikazuje dijagram toka operacija u liniji za proizvodnju suhe hrane.

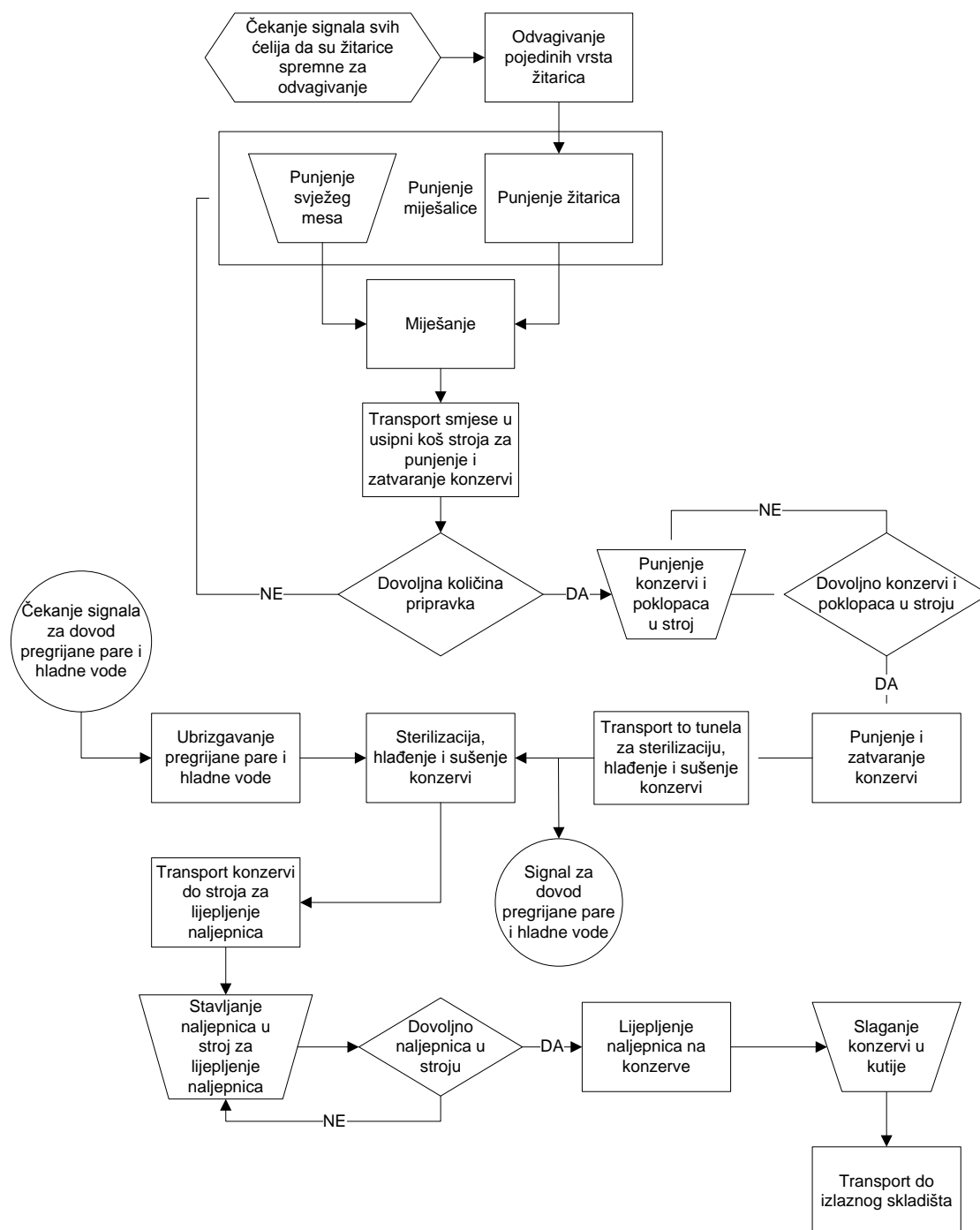


**Slika 23. Dijagram toka operacija proizvodnje suhe hrane za kućne ljubimce**

Ova cjelina obuhvaća sve operacije od odvagivanja pojedine vrste žitarica za ulazak u miješalicu, do transporta pakovina u izlazno skladište. Petlje koje se pojavljuju u ovom toku operacija odnose se na osiguravanje potrebnih uvjeta za efikasan rad strojeva za pojedinačnu operaciju. Uvjeti se mogu osigurati automatski, kao što je dodatno

odvagivanje sirovina za smjesu ili zagrijavanje cilindra kondicionera, ali se u slučaju stavljanja vreća u valjcima u stroj za uvrećavanje moraju osiguravati ručno.

Dijagram toka operacija u liniji vlažne hrane prikazuje slika 24.



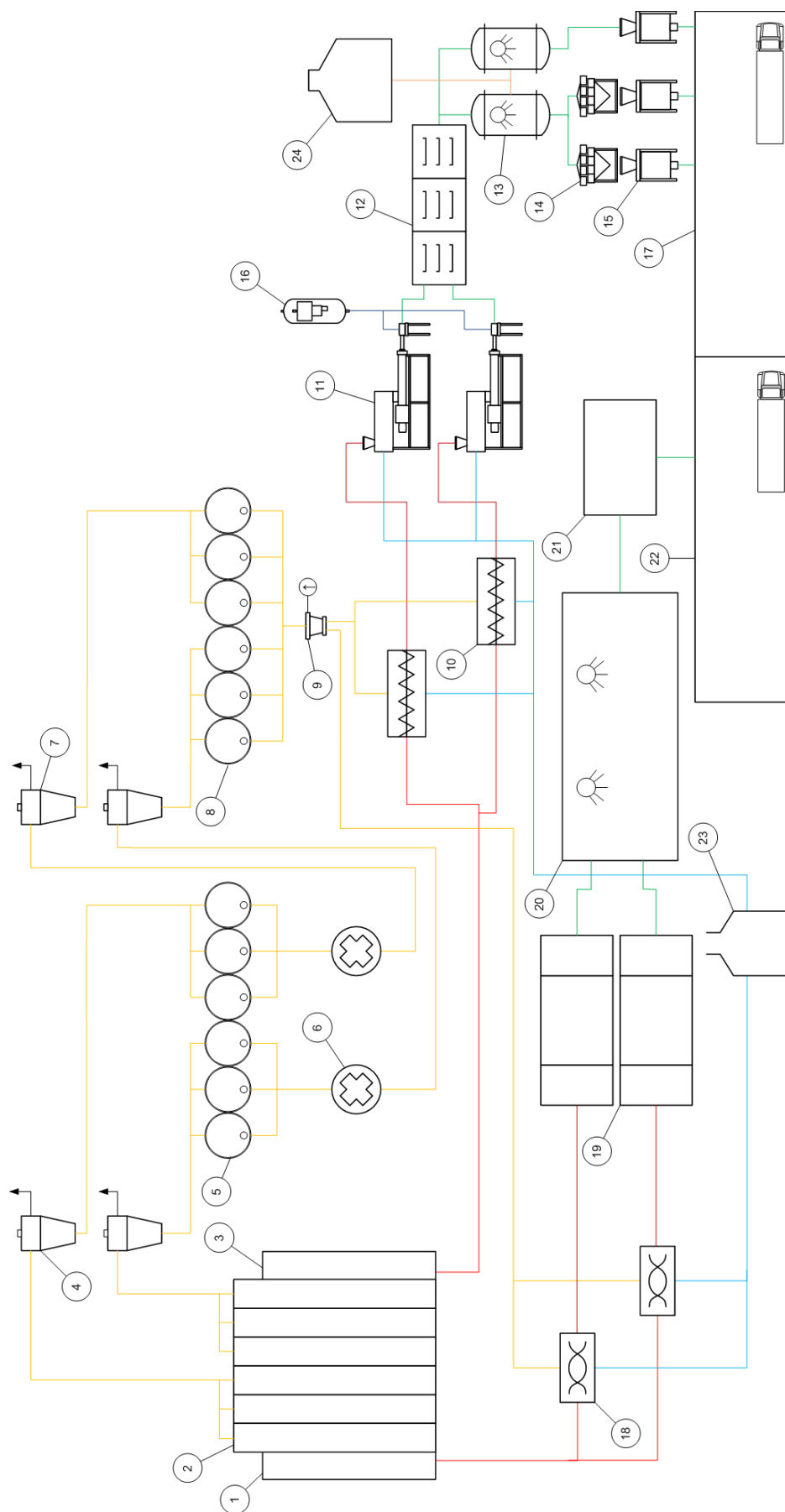
**Slika 24. Dijagram toka operacija proizvodnje vlažne hrane za kućne ljubimce**

U cjelini proizvodnje vlažne hrane za kućne ljubimce prikazane su operacije od odvagivanja pojedinih žitarica za miješanje, do transporta kutija s konzervama do izlaznog skladišta. Za razliku od linije suhe hrane, kod linije za proizvodnju vlažne

hrane u većoj je mjeri zastupljen čovjek kao vršitelj pojedinih operacija. Razlozi tome su opisani prethodno u radu, a odnose se uglavnom na veliku složenost i cijenu automatskih sustava za ove operacije, ali i mogućnost dodatnih međukontrola proizvoda tijekom proizvodnje. Sve petlje tijekom prikazanih tehnoloških operacija odnose se na osiguravanje potrebnih sirovina i materijala za proizvodnju, a u slučaju da uvjet nije zadovoljen, pojedini stroj će to prikladno i signalizirati – najčešće vizualno i zvučno zajedno.

Kada je definiran tehnološki slijed operacija, te naznačene petlje s uvjetima u proizvodnji, proizvodni sustav se može uklopiti u jednu povezanu cjelinu. Ovo će značiti definiranje tokova u proizvodnji s povezivanjem cjeline za pripremu žitarica za miješanje, linije za suhu hranu i linije za vlažnu konzerviranu hranu. Osim glavnih tokova sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda, potrebno je naznačiti i tokove medija korištenih u proizvodnji kao što su pregrijana para, voda i stlačeni zrak. Također, naznačit će se i tok masnoća za premaze do cilindara za premazivanje. Svi strojevi, transportni tokovi i skladišni prostori prikazat će se simbolično.

Slika 25. prikazuje shemu toka proizvodnje cijelog postrojenja sa pojedinim strojevima, uz naznačene tokove sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda.



**Slika 25. Shema toka proizvodnje cijelog postrojenja**

Na ovoj shemi toka proizvodnje mogu se uočiti glavni tokovi sirovina, poluproizvoda, te gotovih proizvoda. Označeni su i tokovi zraka za transport peleta, te cjevovodi za dodavanje vlage i vode u smjesu i pripravak. Tokovi žitarica označeni su narančasto, a meso i mesna pasta označeni su crvenom bojom. Smjesa žitarica i mesa nakon miješanja označena je tamno crveno, a proizvodi u svom konačnom fizičkom obliku označeni su zelenom bojom. Cjevovodi zraka za transport peleta označeni su tamnije, a cjevovodi vodene pare i vode svjetlije plavom bojom. Cjevovodi za masnoće označeni su smeđom bojom.

Usitnjeno meso i mesni nusprodukti za liniju vlažne hrane dolaze u prvu rashladnu komoru (1), te se čuvaju na niskim temperaturama do upotrebe. Žitarice u pogon dolaze u vrećama u ulazno skladište, te se istovaraju u usipne koševе (2), svaka žitarica u posebni usipni koš. Meso za liniju suhe hrane dolazi u obliku mesne paste, u drugu rashladnu komoru (3). Nakon usipanja u usipne koševе (2), žitarice se transportiraju prema grubom čistaču (4). Ukupno šest usipnih koševa podijeljeno je na dva kosa pužna transportera, kako bi se istovremeno mogle transportirati dvije vrste žitarica. Iz tog razloga postoji dva gruba čistača. Poslije operacije grubog čišćenja žitarica, one se pohranjuju u ćelije za cjelovite žitarice (5). Iz ovih ćelija žitarice gravitacijski padaju putem dva kanala u mlinove (6). Nakon mljevenja, žitarice se ponovno pročišćavaju u finim čistačima (7), te pohranjuju u ćelije za meljavu (8).

Nakon ove točke žitarice se transportiraju na dva zasebna mjesta u pogonu - prema liniji suhe hrane i prema liniji vlažne hrane. Putem vage (9) odmjeravaju se prije ulaska u miješalice linije suhe hrane (10), ili u miješalice vlažne hrane (18). Smjese iz miješalica u liniji suhe hrane nakon miješanja ulaze u sustave za ekstrudiranje (11), odnosno prvo u kondicionere. Nakon ekstrudiranja i odrezivanja na pelete, proizvod poprima svoj konačni fizički oblik. Strujom stlačenog zraka iz kompresora (16), pelete se dostavljaju cjevovodom u sušaru (12), a nakon toga transportnim trakama u cilindre za premaze (13). Kada su pelete premazane, prolaze dugim transportnim trakama s ventilatorima do sustava za pakiranje, i to jedan dio na dva kombinacijska punjača (14) i stroja za uvrećivanje (15), dok drugi dio odlazi izravno na dodatni stroj za uvrećivanje (15). Nakon uvrećivanja, pakovine se paletizirane viličarima odvoze u izlazno skladište linije suhe hrane (17) i čekaju transport do prodajnih centara.

U liniji vlažne hrane, nakon miješanja (18), pripravak se puni u konzerve u stroju za punjenje i zatvaranje konzervi (19). S ovog mjesta konzerve se transportiraju u

kontinuirani tunel za sterilizaciju (20), te kuhaju. Tunel za sterilizaciju na svome kraju ima komoru za sušenje i hlađenje konzervi, kako bi bile spremne za lijepljenje naljepnica odmah po izlasku iz tunela. Zadnja je operacija lijepljenje naljepnica (21), nakon čega se konzerve ručno slažu u kutije, slažu na palete, te odvoze viličarima u izlazno skladište linije za vlažnu hranu (22).

Isparivač (23) u sebi sadrži spremnike i filtere za vodu, za pripremu vode za dodavanje smjesi u miješalicama za liniju suhe (10) i liniju vlažne (18) hrane, te dodavanje pripravku u kondicionerima i ekstruderima u sustavima za ekstrudiranje (11).

## **5.2. ODABIR STROJEVA I OPREME ZA PROIZVODNJU**

Na temelju podataka o potrebnoj proizvodnoj količini, te kapacitetima strojeva koji su dobiveni ranije, odabrat će se strojevi i popratna oprema za proizvodnju. Svi strojevi u proizvodnim lancima, odnosno linijama suhe i vlažne hrane, moraju biti u mogućnosti proizvoditi hranu proračunatim kapacitetima. Odabirat će se tako da zadani proizvodni kapacitet linija nije ujedno i maksimalni kapacitet strojeva. Razlog tome je u većoj trajnosti i manjom potrebom za servisiranjem i održavanjem ako strojevi rade pri manjem opterećenju od nazivnog.

Ispod prikaza odabranih strojeva navedene su osnovne karakteristike prema kojima će se dalje oblikovati proizvodni sustav. Isto tako, navedeno je i koliko je strojeva potrebno da bi bili zadovoljeni kapaciteti, da se osigura paralelan rad, te da bi se u slučaju kvara jednog od strojeva, bez zastoja moglo nastaviti s proizvodnjom.

### **5.2.1. Mlinovi za žitarice**

Kako je prema shemi toka proizvodnje na slici 25. prikazano, u pogonu će se projektirati dva transportna toka zaprimljenih žitarica. Na taj način se osigurava njihova obrada za dvije različite vrste paralelno, što će pridoinijeti ukupnom kapacitetu proizvodnje i onemogućiti zastoje u proizvodnji radi eventualnog kvara na jednom od transportnih tokova. Zbog toga se uz ostale strojeve i transportnu opremu, odabiru dva mlina za žitarice, koji mogu raditi neovisno, različitim režimima, za različite vrste žitarica.



**Slika 26. Mlin čekićar [12]**

Značajke mlina čekićara u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- snaga: 30 kW
- kapacitet: 1000 - 3000 kg/h
- dimenzije: 1,5 x 0,9 x 1,1 m
- potrebna su dva stroja.

#### **5.2.2. Grubi i fini čistači**

Prije samog mljevenja žitarica, potrebno je iz šarže odvojiti veće predmete, odnosno stabljike, grančice ili druge nečistoće. Ova operacija će se vršiti na grubom čistaču sa sitom u obliku bubnja. Sita su zamjenjiva za žitarice različitih veličina zrna, te će zrna propadati kroz otvore, dok će se nečistoće zadržavati u bubnju, a kasnije odvajati u vreću za otpad.

Isto tako, nakon mljevenja je potrebno finije čišćenje za nečistoće koje su prošle grubo čišćenje. To mogu biti npr. nakupine prašine. Fini čistač osim sita sadrži i sustav za aspiraciju i na taj način odvodi prašinu, koja je lakša od meljave, u vreću za otpad.



**Slika 27. Grubi čistač žitarica [12]**



Značajke grubog čistača žitarica u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- kapacitet: 10 - 20 t/h
- snaga: 0,55 kW
- dimenzije: 2,5 x 1,2 x 1,8 m
- potrebno je dva stroja.



**Slika 28. Fini čistač žitarica [12]**

Značajke finog čistača žitarica u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- kapacitet: 4500 kg/h
- snaga: 7 kW
- dimenzije: 2,0 x 1,0 x 1,5 m
- potrebna su dva stroja.

### **5.2.3. Miješalice**

Za miješanje žitarica i mesne paste u liniji suhe hrane koriste se kontinuirano-šaržne miješalice. Rade na principu šarže, gdje se svi sastojci u propisanim omjerima ubacuju i miješaju određeno vrijeme. Nakon toga se šarža počinje ispuštati pužnim vijkom na dnu bubnja. Kada se ostvari protok, novi sastojci se kontinuirano ubacuju, i to onom brzinom kojom bi se osiguralo da su miješani propisano vrijeme.

Miješalice u liniji vlažne hrane osim funkcije miješanja, mogu i dodatno usitnjavati veće komade mesa. Razmak između oštrica na trakama za miješanje i stijenke bubnja

određuju veličinu komada mesa koja se želi dobiti. Ove miješalice rade šaržno, a nakon miješanja se sadržaj izbacuje kroz otvor na dnu i to najčešće obavlja operator na miješalici.



**Slika 29. Miješalica žitarica i mesne paste za liniju suhe hrane [12]**

Značajke miješalice žitarica i mesne paste u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- snaga: 4 kW
- broj okretaja: 350 o/min
- maksimalni kapacitet: 1000 kg/šarži
- vrijeme miješanja: 8 - 10 min
- dimenzije: 1,5 x 2,75 x 2,0 m
- potrebno je dvije miješalice.



**Slika 30. Miješalica žitarica i mesa u liniji vlažne hrane [12]**

Značajke miješalice žitarica i mesa u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- kapacitet: 900 kg/šarži
- volumen spremnika: 1200 l
- vrijeme miješanja: 12 min
- snaga: 13 kW
- broj okretaja: 50 o/min
- dimenzije: 2,3 x 2,43 x 2,1 m
- potrebno je dvije miješalice.

#### 5.2.4. Sustavi za ekstrudiranje, sušenje i premaze peleta

Linija ekstrudiranja se gotovo uvijek nabavlja kao cjelovit sustav, zbog precizno proračunatih i usklađenih varijabli u procesu kao što su temperature u kondicioneru, dotok pare u kondicioneru i ekstruderu, brzina vrtnje puža ekstrudera, temperature i brzine struje zraka u sušari. Ovi se sustavi odabiru prema proizvodnom kapacitetu, a u ovome slučaju odabrana su dva sustava, radi upotrebe strojeva manjih dimenzija, te sprečavanja zastoja ako jedna linija zahtjeva servisiranje. Slika 31. prikazuje sustav za ekstrudiranje.



**Slika 31. Sustav za ekstrudiranje, sušenje i premaze peleta [12]**

Značajke sustava za ekstrudiranje u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- snaga: 200 - 240 kW
- kapacitet: 2000 - 4000 kg/h
- dimenzije: 50 x 6,0 x 8,0 m
- potrebno je dva sustava.

#### 5.2.5. Kombinajski punjači

Strojevi za kombinajsko punjenje odabiru se prema potrebnom kapacitetu, odnosno broju punjenja u jedinici vremena, ali i volumenu posudica. Volumen posudica

odredit će maksimalnu masu koja se može puniti u pojedinu ambalažu. Za ovaj sustav potreban je stroj velikog opsega odmjeravanja, radi punjenja u ambalaže od 0,4 do 8 kg, ovisno o tome da li se puni hrana za mačke ili za pse.



**Slika 32. Kombinacijski punjač [12]**

Značajke kombinacijskog punjača:

- masa pojedinog odmjeravanja: 30 g - 25 kg
- volumen posudica: 2 l
- kapacitet: do 160 punjenja/min
- snaga: 2 kW
- dimenzije: 1,24 x 1,21 x 1,38 m
- potrebno je dva punjača.

#### **5.2.6. Strojevi za uvrećavanje**

Strojevi za uvrećavanje moraju savladati maksimalni kapacitet do 53 pakovanja/minuta, prema tablici 7., i to za hranu za mačke, pakovine mase 0,4 kg. Maksimalna masa koju moraju moći puniti je 15 kg, za pakovine hrane za pse. Način zatvaranja pakovine određuje glava stroja koja ili zavaruje PEHD vrećice ili šiva papirnate vreće.



**Slika 33. Stroj za uvrećavanje [12]**

Značajke stroja za uvrećavanje:

- kapacitet: do 70 pakovanja/min
- snaga: 4 kW
- dimenzije: 2,3 x 2,0 x 1,8 m
- potrebno je tri stroja za uvrećavanje.

### 5.2.7. Strojevi za punjenje i zatvaranje konzervi

Potreban kapacitet linije vlažne konzervirane hrane je 17500 konzervi sadržaja mase 0,4 kg na sat za hranu za mačke, te 8750 konzervi mase sadržaja 0,8 kg na sat za hranu za pse. Odabrat će se dva ovakva stroja kako bi se zadovoljio kapacitet.



**Slika 34. Stroj za punjenje i zatvaranje konzervi [12]**

Značajke stroja za punjenje i zatvaranje konzervi u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- kapacitet: 5000 punjenja i zatvaranja na sat
- snaga: 2,2 kW
- dimenzije: 2,8 x 1,2 x 1,3 m
- potrebno je dva stroja.

### 5.2.8. Tunel za sterilizaciju, sušenje i hlađenje konzervi

Operacije sterilizacije, sušenja i hlađenja konzervi vrše se u jednom tunelu koji se obično nabavlja kao cjelina, točno definiranog maksimalnog kapaciteta. U ovome slučaju, sustav mora procesuirati 17500 konzervi/h hrane za mačke ili 8750 konzervi/h hrane za pse.



**Slika 35. Tunel za sterilizaciju, sušenje i hlađenje konzervi [12]**

Značajke tunela za sterilizaciju, sušenje i hlađenje konzervi u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- vrijeme sterilizacije (85°C): 20 min
- vrijeme hlađenja: 14 min
- maksimalni kapacitet: 30 000 konzervi/h (0,5 l)
- snaga: 12,1 kW
- dimenzije: 14 x 2,9 x 1,7 m
- potreban je jedan tunel.

#### **5.2.9. Strojevi za lijepljenje naljepnica**

Lijepljenje naljepnica na konzerve jest zadnja faza u proizvodnji konzervirane hrane, a izvodi se automatski. Ovi strojevi imaju kapacitet do 300 lijepljenja u minuti, ali na konzerve vrlo malog opsega. Zbog konzervi sadržaja mase 0,8 kg koje su velikih dimenzija, bit će potrebna dva ovakva stroja.



**Slika 36. Stroj za lijepljenje naljepnica na konzerve [12]**

Značajke stroja za lijepljenje naljepnica na konzerve u postrojenju za proizvodnju hrane za kućne ljubimce:

- kapacitet: 30 do 300 konzervi/min
- snaga: 0,8 kW
- dimenzije: 1,8 x 0,7 x 1,3 m
- potrebna su dva stroja.

#### 5.2.10. Ostala oprema

Pod ostalu opremu ubrojit će se ćelije za žitarice, vage, transportne trake, pužni transporteri, ventilatori za aspiraciju pogona, spremnik za masnoće, kompresori, isparivači i cjevovodi.

Tampon ćelije za pohranu žitarica prije mljevenja moraju imati kapacitet dovoljan za pohranu dnevnog utroška pojedine žitarice, kako bi čak i uz zastoje u dobavi proizvodnja mogla teći neometano. Uz kapacitet proizvodnje suhe hrane od 40 t/dan, oko 12 t/dan otpada na mesnu pastu, ako je u pripravku 30 % mesa. Ostatak od 28 t/dan otpada na žitarice. Ako je hrana sastavljena od smjese žitarica u jednakim omjerima, svaka tampon ćelija mora sadržavati 4,7 t žitarica. Prema tome, odabiru se ćelije za pohranu kapaciteta 5 t. Volumen ćelije dakako ovisi o vrsti žitarice, odnosno njenoj gustoći u rasutom stanju. Tablica 8. prikazuje specifičnu gustoću pojedine žitarice, potreban volumen za pohranu 5 t, te visine ćelija ako su kvadratnog presjeka sa stranicom 1,5 m.

**Tablica 8. Potreban volumen i visina ćelije za pojedinu vrstu žitarica**

| Žitarica | Specifična gustoća, [kg/m <sup>3</sup> ] [13] | Potreban volumen ćelije, [m <sup>3</sup> ] | Potrebna visina ćelije, [m] |
|----------|---|--|-----------------------------|
| Ječam    | 609   | 8,21                                       | 3,65                        |
| Riža     | 577   | 8,67                                       | 3,85                        |
| Soja     | 753   | 6,64                                       | 2,95                        |
| Pšenica  | 769   | 6,50                                       | 2,89                        |
| Kukuruz  | 721   | 6,93                                       | 3,08                        |
| Zob      | 432   | 11,57                                      | 5,14                        |

Ćelije za pohranu meljave mogu biti istog ili manjeg kapaciteta i dimenzija, bez obzira na manju specifičnu gustoću, a time i veći volumen svake od žitarica u odnosu na njenu gustoću i volumen u cjelovitom stanju. Kapacitet ćelija za meljavu može biti i dvostruko manji, jer se ne mora pohranjivati dnevna količina potrebna za proizvodnju. Pogon se projektira tako da paralelno mogu raditi dvije linije mljevenja, te konstantno osiguravati dovoljnu količinu meljave za miješanje.

Spremnik za masnoće mora biti kapaciteta dnevne potrošnje. Ovisno o vrsti hrane koja se proizvodi i premazuje masnoćama, udio koji otpada na premaze može biti od 1 do 10 %, što u svome maksimumu iznosi 4 t.

### 5.2.11. Tablični prikaz svih potrebnih strojeva i opreme

Nakon definiranja glavnih strojeva potrebnih za postrojenje, može se dati ukupni pregled svih potrebnih strojeva i opreme. Tablica 9. prikazuje strojeve i opremu potrebnu za proizvodnju hrane za kućne ljubimce, sa naznačenim dimenzijama.

**Tablica 9. Prikaz svih potrebnih strojeva i opreme**

| Stroj/oprema                            | Dimenzije, [m]     | Količina | Oznaka u prostornom planu |
|---|--------------------|----------|---------------------------|
| Mlin                                    | 1,5 x 0,9 x 1,1    | 2        | ML-1<br>ML-2              |
| Grubi čistač                            | 2,5 x 1,2 x 1,8    | 2        | GC-1<br>GC-2              |
| Fini čistač                             | 2,0 x 1,0 x 1,5    | 2        | FC-1<br>FC-2              |
| Miješalica - linija suhe hrane          | 1,5 x 2,75 x 2     | 2        | MIJ-SH-1<br>MIJ-SH-2      |
| Miješalica - linija vlažne hrane        | 2,3 x 2,43 x 2,1   | 2        | MIJ-VH-1<br>MIJ-VH-2      |
| Sustav za ekstrudiranje                 | 50,0 x 6,0 x 8,0   | 2        | SZE-1<br>SZE-2            |
| Kombinacijski punjač                    | 1,24 x 1,21 x 1,38 | 2        | KP-1<br>KP-2              |
| Stroj za uvrećavanje                    | 2,8 x 1,2 x 1,3    | 3        | SZU-1 do SZU-3            |
| Stroj za punjenje i zatvaranje konzervi | 2,8 x 1,2 x 1,3    | 2        | SZPK-1<br>SZPK-2          |



|   |                          |    |                |
|---|--------------------------|----|----------------|
| Tunel za sterilizaciju, sušenje i hlađenje konzervi | 14 x 2,9 x 1,7           | 1  | TZS            |
| Stroj za lijepljenje naljepnica                     | 1,8 x 0,7 x 1,3          | 2  | SZN-1<br>SZN-2 |
| Ćelija za cjelovite žitarice                        | 1,5 x 1,5 x 2,89 do 5,14 | 6  | CCZ-1 do CCZ-6 |
| Ćelija za meljavu                                   | 1,5 x 1,5 x 2,0 do 5,0   | 6  | CM-1 do CM-6   |
| Vaga  | 0,8 x 1,1 x 0,9          | 1  | VAG            |
| Spremnik za masnoće                                 | 2,03 x 1,83 x 2,11       | 1  | SZM            |
| Isparivač   | 3,1 x 2,0 x 2,15         | 1  | ISP            |
| Transportna traka                                   | 0,4 do 0,8 x 1 do 20     | 13 | Nije označeno  |
| Pužni transporter                                   | Φ 0,25 x 2 do 10         | 14 | Nije označeno  |
| Ventilator za aspiraciju                            | Φ 0,8                    | 8  | Nije prikazano |
| Ventilator za hlađenje peleta                       | Φ 0,6                    | 4  | VHP-1 do VHP-4 |
| Kompresor   | 1,0 x 0,9 x 1,4          | 1  | Nije prikazano |
| Pneumatski transporter                              | Φ 0,2 x 4                | 2  | Nije prikazano |

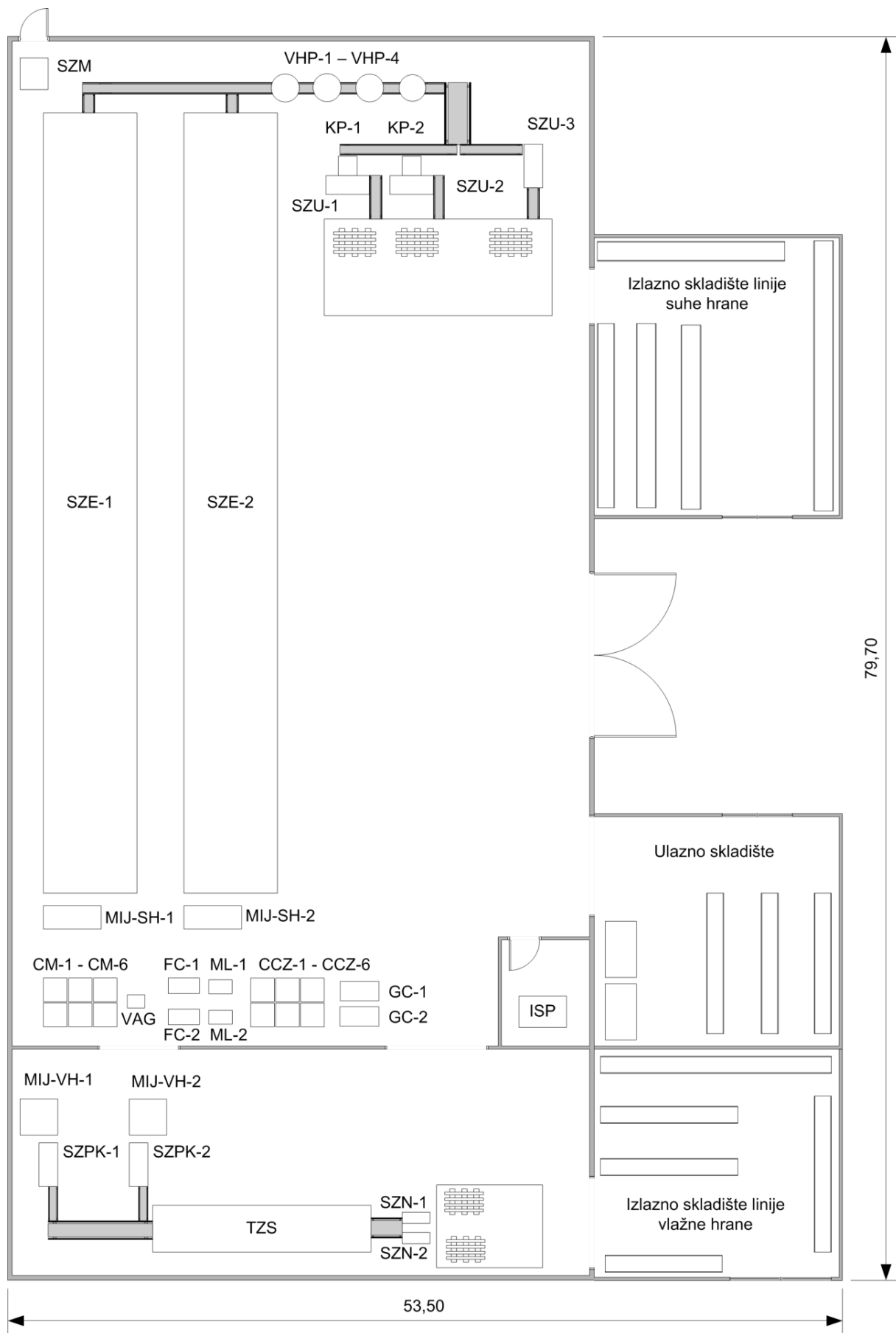
Ovome popisu nije dodana oprema poput cjevovoda, elektromagnetskih i ručnih preklopki za cjevovode, postolja za strojeve, brtve za aspiracijski sustav, obujmice i spojni elementi, te dodatni sitni materijali. To je oprema koja se specificira nakon građevinskog, arhitektonskog, projekta plinskih i električnih instalacija.

### 5.3. PROSTORNI PLAN POSTROJENJA

Nakon specifikacije svih potrebnih strojeva i opreme, te njihovih dimenzija, uslijedit će prostorno planiranje postrojenja. Pri ovoj fazi potrebno je imati u vidu sve do sada navedene projektne zahtjeve i ograničenja.

Bit će nužno projektirati pogon tako da se ne javljaju zastoji u toku sirovina, te da su svi tokovi što kraći. Ostavit će se i dovoljno proizvodnog prostora za moguća buduća proširenja, bilo uvođenjem nove linije, bilo povećanjem kapaciteta dosadašnjih proizvodnih linija. Bitno je i izolirati zone opasnosti od požara i eksplozija.

Slika 37. prikazuje idejno rješenje prostornog plana postrojenja za proizvodnju hrane za kućne ljubimce, s navedenim oznakama strojeva i skladišnim prostorima.



Slika 37. Prostorni plan postrojenja

## 5.4. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I ZONE OPASNOSTI OD POŽARA

Pri projektiranju proizvodnog pogona bilo koje vrste, nužno je odrediti maksimalnu potrošnju električne energije, ali i označiti i osigurati zone koje su podložne nastanku požara. U proizvodnji hrane za kućne ljubimce ovo je iznimno bitno radi količine prašine iz žitarica koja se u pogonu može pojaviti i ugroziti sigurnost zaposlenika.

### 5.4.1. Ukupna potrošnja električne energije za odabrane strojeve i opremu

Kako bi se pravilno projektirale električne instalacije u proizvodnom pogonu, bit će potrebno odrediti snage pojedinih strojeva. Tablica 10. dat će uvid u ukupnu potrošnju električne energije za pogon, u slučaju proizvodnje hrane pri maksimalnom kapacitetu.

**Tablica 10. Potrošnja električne energije odabranih strojeva i opreme**

| Stroj/potrošač   | Snaga, [kW] | Količina | Ukupna snaga, [kW] |
|--|-------------|----------|--------------------|
| Mlin   | 30          | 2        | 60                 |
| Grubi čistač   | 0,55        | 2        | 1,1                |
| Fini čistač  | 7           | 2        | 14                 |
| Miješalica - linija suhe hrane   | 4           | 2        | 8                  |
| Miješalica - linija vlažne hrane   | 13          | 2        | 26                 |
| Sustav za ekstrudiranje  | 240         | 2        | 480                |
| Kombinacijski punjač   | 2           | 2        | 4                  |
| Stroj za uvrećavanje   | 4           | 3        | 12                 |
| Stroj za punjenje i zatvaranje konzervi  | 2,2         | 2        | 4,4                |
| Tunel za sterilizaciju, sušenje i hlađenje konzervi  | 12,1        | 1        | 12,1               |
| Stroj za lijepljenje naljepnica  | 0,8         | 2        | 1,6                |
| Ostalo:<br>Transportne trake, pužni transporter, ventilatori za aspiraciju pogona, ventilatori za hlađenje peleta, kompresor, rasvjeta, elektromagnetske preklopke na cjevovodima i čelijama, rashladni uređaji, grijani spremnik za masnoće | 100         | 1        | 100                |
| Ukupno:  |             |          | 723,2              |

Iz tablice je vidljivo da će ukupna procijenjena potrošnja pogona biti nešto iznad 0,7 MW. Ako se u budućnosti planira nadograđivati pogon, treba predvidjeti instalacije za 1 MW. U tom slučaju, projektiranje obuhvaća i gradnju zasebne trafostanice na parceli, jer u Zakonu o prostornom uređenju i gradnji stoji podatak da ako objekt zahtjeva 1 MW električne energije ili više, mora se graditi zasebna trafostanica.

#### **5.4.2. Prašina i zone opasnosti od požara**

Prašina je usitnjena kruta tvar organskog ili anorganskog podrijetla. Prašina u proizvodnji hrane za kućne ljubimce je smjesa anorganske i organske. Razlikuje se prašina koja miruje, te smjesa prašine i zraka. Dok miruje, prašina ima karakteristike slične krutom tijelu, a u slučaju zapaljenja i gori kao kruto tijelo. Tvore je krupnije čestice. Finija prašina lebdi uslijed uzgona tvoreći tako nestabilnu smjesu. [14]

Smjesa gorive prašine i zraka može biti vrlo opasna. Ove opasnosti razlikuju se po načinu djelovanja. Prašine su više ili manje opasne po zdravlje zaposlenih. Udisanje i taloženje na dišnim putevima organizma može biti uzrokom raznih oboljenja. Zbog toga normativi ograničuju sadržaj prašine u zraku radnih prostorija. Ta granica je do 4 mg/m<sup>3</sup>, a zadatak aspiracijskog sustava je postizanje takvih uvjeta. [14]

Smjesa organske gorive prašine i zraka u određenim omjerima može se zapaliti izvorom paljenja dovoljnog intenziteta i trajanja. Izgaranje takve smjese je toliko brzo da se može nazvati eksplozijom. Eksploziju prati naglo povećanje temperature i tlaka, pa nastaje turbulentno gibanje zraka ispred plamenog fronta - tlačni val, koji vitla nataloženu prašinu tvoreći uvjete daljnjih zapaljenja. Ove su eksplozije u pravilu velikih energetske potencijala i izazivaju značajna razaranja, pa čak i ljudske žrtve. [14]

Do eksplozija u proizvodnom pogonu ponajprije može doći u blizini strojeva koji uzrokuju pomicanje žitarica ili meljave, kao npr. transportnih uređaja ili mlinova, jer u tim uvjetima se ispušta najviše prašine. Iskra koja može zapaliti smjesu zraka i prašine može doći od releja ili elektromagnetske preklopke, te se ovi uređaji moraju dodatno izolirati. Isto tako, svi elektromotori korišteni u pogonu moraju biti posebno konstruirani sa zaštitnim pokrovima.

Proizvodni pogon u kojemu su označene zone opasnosti od požara mora se podvrgnuti tehničkom pregledu neke od nadležnih agencija za zaštitu od požara. Tek nakon pregleda i zadovoljavanja kriterija, pogon se može staviti u probni rad.

## 6. UPRAVLJANJE PROIZVODNIM PROCESIMA

---

Svaki proces unutar nekog proizvodnog sustava doprinosi karakteristikama gotovog proizvoda, ali i efikasnosti cjelokupnog sustava. Bilo da se radi o operacijama koje mijenjaju geometrijska ili mehanička svojstva proizvoda, termičkim obradama ili radnjama transporta, postoji skup parametara i varijabli koje izravno utječu na način odvijanja proizvodnje.

U slučaju proizvodnje hrane za kućne ljubimce, primarni su parametri oni koji obuhvaćaju termičke obrade sirovina. Kako se ovdje radi o hrani, općenito se tome posvećuje najviše pažnje, jer krajnji rezultat mora zadovoljiti stroge standarde i zahtjeve na kvalitetu. Sekundarni parametri određuju način pripreme pripravka za termičku obradu, dok tercijarni parametri određuju način odvijanja svih ostalih radnji, kao što su transporti sirovina, poluproizvoda i proizvoda, pakiranja ili održavanje propisanih uvjeta u pogonu.

S obzirom na složenost sustava, pojava manjih nepravilnosti nije rijetkost. Zbog toga je potrebno neprestano pratiti i upravljati procese proizvodnje.

## **6.1. PARAMETRI PRI UPRAVLJANJU PROIZVODNjom**

Prije oblikovanja sustava upravljanja procesima, nužno je specificirati parametre, te ustanoviti na koji način i u kojoj mjeri utječu na daljnji tijek proizvodnje. Kako je napomenuto, parametri će se grupirati prema vrstama obrade ili operacijama u proizvodnom pogonu. Na taj se način dobivaju parametri upravljanja pri pripremi smjese, parametri upravljanja pri termičkoj obradi pripravka, te ostali parametri upravljanja. Unutar jedne skupine parametara, odnosno strojeva za koje su vezani, ovisnost je velika, dok je ovisnost parametara između pojedinih skupina bitno manja.

Utjecaji parametara prikazani u tablicama 11., 12. i 13. dobiveni su analizom procesa u pojedinim skupinama tehnoloških operacija.

### **6.1.1. Parametri upravljanja pri pripremi smjese**

Ova skupina parametara obuhvaća strojeve koji sudjeluju u pripremi smjese. Odnose se na operacije od grubog čišćenja žitarica, do faze nakon miješanja, odnosno prije ulaska smjese u sustav za ekstrudiranje, tj. usipni koš kondicionera u liniji suhe hrane ili ulaska pripravka u stroj za punjenje i zatvaranje konzervi u liniji vlažne hrane. Tablica 11. prikazuje parametre upravljanja u ovoj skupini.

**Tablica 11. Parametri upravljanja pri pripremi smjese**

| Stroj                             | Operacija                            | Parametar                       | Utjecaj parametra                                    |   |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|---|
|                                   |                                      |                                 | Nedovoljno   | Previše   |
| Grubi čistač                      | Predčišćenje žitarica                | Brzina vrtnje sita              | Slabo propadanje, nedovoljan protok                  | Povećano vitlanje prašine                             |
|                                   |                                      | Protok žitarica                 | Mogućnost propadanja nečistoća                       | Zagušenje stroja                                      |
| Mlin                              | Mljevenje žitarica                   | Protok žitarica                 | Previše usitnjena meljava, visok udio brašna         | Pojava neusitnjenih zrna, slabija termička obrada     |
| Fini čistač                       | Odvajanje prašine i sitnih nečistoća | Vibracije sita                  | Slabo propadanje, nemogućnost odvajanja nečistoća    | Razbacivanje zrna, neusmjereni protok                 |
|                                   |                                      | Protok žitarica                 | Nedovoljna pročišćenost po slojevima                 | Slaba pročišćenost                                    |
| Miješalica za liniju suhe hrane   | Miješanje žitarica i mesne paste     | Brzina vrtnje lopatica          | Slaba promješanost                                   | Dodatno mljevenje zbog prevelikog unosa meh. energije |
|                                   |                                      | Vrijeme zadržavanja             | Slaba promješanost                                   | Slabija proizvodnost                                  |
| Miješalica za liniju vlažne hrane | Miješanje žitarica i svježeg mesa    | Brzina vrtnje traka s oštricama | Slabo usitnjavanje mesa i ukupna promješanost smjese | Klizanje smjese uz bubanj                             |
|                                   |                                      | Vrijeme zadržavanja             | Nehomogenost priprava                                | Slabija proizvodnost                                  |

### 6.1.2. Parametri upravljanja pri termičkoj obradi pripravka

Termička obrada obuhvaća strojeve i parametre od ulaska smjese u kondicioner do izlaska iz ekstrudera, te parametre sušenja za liniju suhe hrane. U liniji vlažne hrane termičku obradu podrazumijeva tunel za sterilizaciju konzervi. Tablica 12. daje prikaz radnih parametara u skupini termičke obrade.

**Tablica 12. Parametri upravljanja pri termičkoj obradi pripravka**

| Stroj                           | Operacija              | Parametar                | Utjecaj parametra   |   |
|---------------------------------|------------------------|--------------------------|---|---|
|                                 |                        |                          | Nedovoljno  | Previše   |
| Kondicioner                     | Predkuhanje smjese     | Brzina vrtnje lopatica   | Nedovoljno prodiranje pare i vode   | Klizanje smjese uz bubanj   |
|                                 |                        | Temperatura              | Ne mogu otpočeti kemijski procesi u sastojcima  | Uništavanje hranjivih sastojaka   |
|                                 |                        | Protok pare i vode       | Niska vlažnost smjese, otežano ekstrudiranje  | Visoka vlažnost smjese, klizanje uz cilindar ekstrudera   |
|                                 |                        | Protok smjese            | Prekuhanost sastojaka   | Nedovoljna prokuhanost sastojaka  |
| Ekstruder                       | Kuhanje pripravka      | Protok pare i vode       | Niska vlažnost, ne dovršavaju se kemijski procesi, otežano ekstrudiranje                        | Visoka vlažnost, klizanje uz cilindar ekstrudera  |
|                                 |                        | Brzina vrtnje puža       | Nedovoljan unos mehaničke energije koja se pretvara u toplinu, nedovoljna prokuhanost pripravka | Pretjeran unos mehaničke energije koja se pretvara u toplinu, uništavanje hranjivih sastojaka, klizanje smjese uz cilindar ekstrudera |
|                                 |                        | Protok masnoća           | Nizak udio masnoća u pripravku, nemogućnost stvaranja potrebnih kemijskih spojeva               | Visok udio masnoća u pripravku, nepostojanost peleta i visok udio škarta  |
|                                 | Ekstrudiranje          | Površina provrta matrice | Visok tlak u komori za distribuciju pripravka, preopterećenje stroja                            | Nizak tlak u komori za distribuciju pripravka, ekstrudat ne ekspandira dovoljno   |
|                                 |                        | Protok ekstrudata        | Predugo zadržavanje pripravka u ekstruderu, uništavanje hranjivih sastojaka                     | Ne dovršavaju se kemijske reakcije među sastojcima pripravka  |
|                                 |                        |                          |   |   |
| Sušara                          | Sušenje peleta         | Temperatura zraka        | Nedovoljna razlika u temperaturi, otežano i dugotrajnije prosušivanje peleta                    | Stvaranje tvrdog zaštitnog sloja na peletama - pečenje, nemogućnost pravilnog sušenja   |
|                                 |                        | Brzina strujanja zraka   | Sporo odvajanje vlage   | Rasipanje peleta  |
|                                 |                        | Vlažnost zraka           | Zahtjevnija priprema zraka, veći troškovi   | Umanjena sposobnost primanja vlage  |
| Tunel za sterilizaciju konzervi | Sterilizacija konzervi | Temperatura pare         | Nemogućnost postizanja temperature kuhanja  | Nejednolika prokuhanost sadržaja  |
|                                 |                        | Protok pare              | Smanjena izmjena topline, nedovoljan stupanj prokuhanosti                                       | Prevelik utrošak vode i toplinske energije  |
|                                 |                        | Vrijeme zadržavanja      | Nedovoljna prokuhanost sadržaja   | Smanjena proizvodnost   |
|                                 | Hlađenje konzervi      | Temperatura vode         | Previsok stupanj isparivanja vode u kontaktu s kozervama, smanjen koeficijent prijelaza topline | Nedovoljno hlađenje   |
|                                 | Sušenje konzervi       | Temperatura zraka        | Nedovoljno sušenje  | Mogućnost dokuhavanja sadržaja  |
|                                 |                        | Vrijeme zadržavanja      | Nedovoljno sušenje  | Mogućnost dokuhavanja sadržaja, smanjena proizvodnost   |



### 6.1.3. Ostali parametri upravljanja

Sve ostale operacije koje imaju mogućnost mijenjanja radnih parametara, bit će uvrštene u ovu skupinu. Tablica 13. prikazuje ostale parametre upravljanja.

**Tablica 13. Ostali parametri upravljanja**

| Stroj/oprema                            | Operacija               | Parametar               | Utjecaj parametra                                     |   |
|---|-------------------------|-------------------------|---|---|
|   |                         |                         | Nedovoljno  | Previše   |
| Pužni transporter                       | Transport žitarica      | Brzina rotacije puža    | Usporen transport, smanjen protok sirovina            | Mogućnost rasipanja sirovina, povećano vitlanje prašine |
| Transportne trake                       | Transport poluproizvoda | Brzina trake            | Nedovoljan protok poluproizvoda                       | Zagušenje strojeva koji su idući u lancu                |
| Bubanj za premazivanje peleta           | Premazivanje peleta     | Protok masnoća          | Nejednoliko premazivanje peleta                       | Pretjeran udio masnoća u proizvodu, lijepljenje peleta  |
|   |                         | Protok pojačivača okusa | Nedovoljno primamljiv proizvod                        | Znatno veći troškovi uz neznatnu razliku u okusu        |
|   |                         | Kut nagiba bubnja       | Zagušenje bubnja, pelete ne prolaze dovoljnom brzinom | Pelete prebrzo prolaze, nedovoljno premaza              |
| Kombinacijski punjač                    | Odvagivanje i punjenje  | Brzina dobave peleta    | Smanjena proizvodnost                                 | Smanjena točnost odvage i pojavljivanje grešaka u radu  |
| Stroj za uvrećavanje                    | Uvrećavanje             | Brzina uvrećavanja      | Smanjena proizvodnost                                 | Greške u radu   |
| Spremnik za masnoće                     | Grijanje masnoća        | Temperatura grijača     | Skrucivanje masnoća, otežan transport i premazivanje  | Skraćenje roka trajanja i kvalitete masnoća             |
| Stroj za punjenje i zatvaranje konzervi | Punjenje konzervi       | Brzina punjenja         | Smanjena proizvodnost                                 | Greške u radu   |
|   | Zatvaranje konzervi     | Brzina zatvaranja       | Smanjena proizvodnost                                 | Nekvalitetni spojevi                                    |
| Stroj za lijepljenje naljepnica         | Lijepljenje naljepnica  | Brzina lijepljenja      | Smanjena proizvodnost                                 | Loša kvaliteta lijepljenja                              |

Tek kada su parametri upravljanja na ovaj način specificirani, moguće je uvidjeti ovisnosti među njima, te započeti projektiranje. Proizvođači strojeva i opreme za ovu vrstu pogona redovito uz strojeve dostavljaju i tehničku dokumentaciju u kojoj su tablice s optimalnim podešenjima parametara, u ovisnosti o željenom kapacitetu proizvodnje i željenim svojstvima proizvoda. Nije moguće sve parametre podesiti tako da proizvodni pogon odmah u potpunosti radi kako je zamišljeno. U tu svrhu se ovakvi sustavi upogonjuju na probni rad od jednoga dana, prate i mjere se svi procesi, a nakon

toga analiziraju rezultati mjerenja. Proces optimizacije je iterativne prirode, te će biti potrebno nekoliko dana dok se proizvodnja ne optimizira.

## 6.2. NAČINI AUTOMATIZACIJE PROCESA

Procesi kuhanja ekstrudiranjem u proizvodnji hrane za kućne ljubimce postaju sve automatiziraniji, a razlog tomu je veliki potencijal za povećanje efikasnosti upravo u ovom segmentu proizvodnje. Zbog automatizacije se smanjuje udio škarta, poboljšava uniformnost proizvoda, smanjuju se zahtjevi na stručnost operatera strojeva i opširnost tehničke dokumentacije. Isto tako, smanjuju se troškovi pogona strojeva, povećava sigurnost radne okoline te omogućuje predviđanje, nadzor i upravljanje nad kvalitetom proizvoda. Među najvažnijim prednostima je dakako uklanjanje čovjeka iz procesa. Na taj se način uklanja mogućnost pojavljivanja ljudske pogreške, ali i eliminira mogućnost ozljede na radu.

Načini automatizacije su mnogobrojni. Potreban protok smjese se može upravljati korištenjem gravimetrijskih dodavača koji zadržavaju točnost dodavanja na  $\pm 0,5$  % željenog protoka. Ovi uređaji neprestano mjere gubitak mase smjese u njima u vremenskoj domeni. Brzina gubitka mase se komparira putem računala sa željenim protokom te se prema ovom podatku regulira brzina vrtnje puža za dobavu smjese. Protok pare i vode kroz mlaznice u kondicioneru i ekstruderu se također upravljaju putem računala, i to na način da je protok pare i vode funkcija protoka smjese na ulazu u kondicioner ili ekstruder. Zone mjerenja temperature u ekstruderu mogu dati uvid u temperaturno polje koje se postiže unutar cilindra ekstrudera, a na temelju tog podatka može se regulirati protok ili temperatura pare. Mjerna osjetila na matrici mogu dati podatak o tlaku u zoni distribucije pripravka, a u slučaju previsokog tlaka smanjiti broj okretaja puža i rasteretiti motor ekstrudera. Na ovaj se način produljuje vijek trajanja motora jer nikada ne zalazi u područje preopterećenja.

U logiku upravljanja integrirane su i mjere zaštite. Mjere zaštite omogućit će, primjerice, da se potpuno zaustavi protok smjese u slučaju nedostatka pare ili vode koja ulazi u ekstruder. Na taj se način sprječava skup i nepoželjan servis. Logika upravljanja bilježi stanja stroja tijekom procesa ekstrudiranja, a na temelju dugoročnih statistika može zaključiti o istrošenosti puža. Ove statistike uključuju podatke o pogonskoj snazi motora, tlaku u cilindru, temperaturi u zonama cilindra u odnosu na kakvoću ekstrudata.

Sustav za ekstrudiranje opremljen računalom sposoban je potpuno automatski pokrenuti procedure za pokretanje ili zaustavljanje stroja. Naravno, za visok stupanj automatizacije bit će potrebno složeno programiranje koje zahtjeva stručnost. Ipak, prednosti su višestruko isplative.

Automatizacija procesa ekstrudiranja, ali i ostalih operacija u proizvodnji hrane za kućne ljubimce, kreće se ka stupnju u kojemu će operater samo unijeti podatke o sastavu hrane, gustoći pripravka, a upravljačka će logika odrediti sve ostale parametre. Pri ovoj razini automatizacije bit će potrebno samo umrežiti upravljačka računala pojedinih strojeva, a svi parametri pri proizvodnji će se moći upravljati iz kontrolne prostorije.

## **7. NOVI TRENDOWI U PROIZVODNJI HRANE ZA KUĆNE LJUBIMCE**

---

Proizvodnja hrane za kućne ljubimce odavno je uhodana industrija, a danas sa već gotovo usavršenim procesima proizvodnje. Od recepture i sastava hrane, preko tehnologija ekstrudiranja, do dorade i pakiranja, utvrđeni su načini oblikovanja gotovog proizvoda uz vrlo visoke stupnjeve učinkovitosti sa što manje škarta i uz niske operativne troškove.

Svemu ovome pridonosi razvoj novih tehnologija u proizvodnji, pogotovo unazad nekoliko godina kada se potražnja za hranom seli u područje hrane visoke kvalitete. Ovo se pripisuje pojavi i porastu broja "roditelja", koji svoje ljubimce tretiraju kao članove obitelji, a u skladu s tim ih i hrane. Jasno je da će takva potrošnja na tržištu diktirati i razvoj svih segmenata proizvodnje, ne bi li se učinkovitost još povećala.

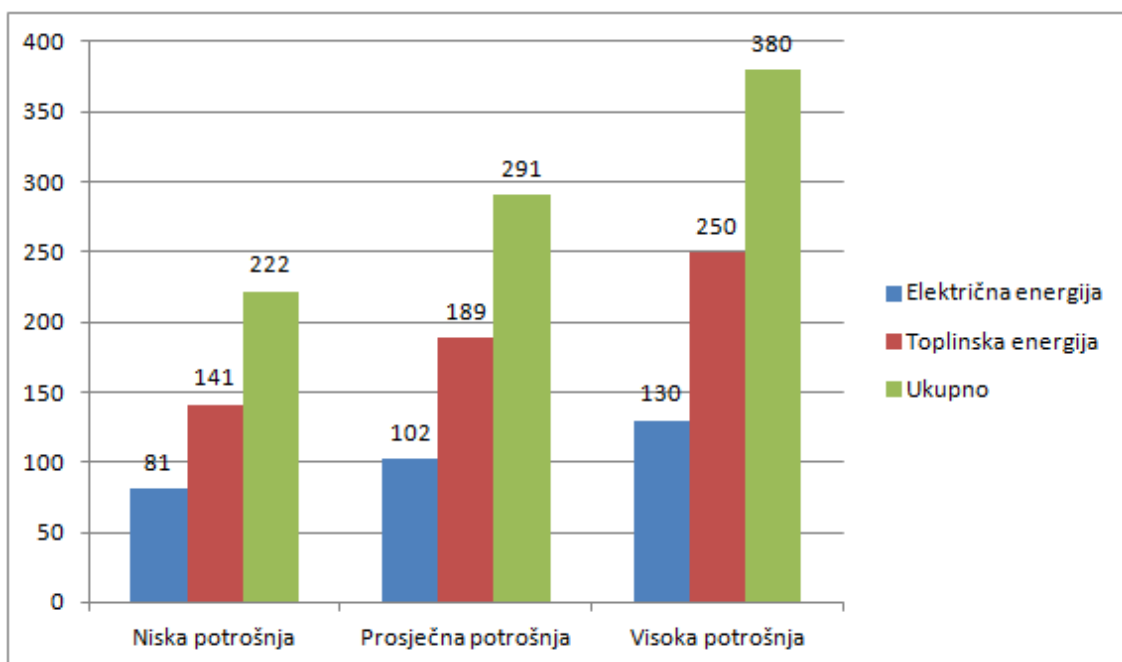
Najnovije vrijeme donosi teme poput održive proizvodnje i utjecaja na okoliš, gdje se pomno prate i analiziraju gubici u proizvodnji i njihov utjecaj na okolinu, te nastoje pronaći rješenja za njihovu redukciju. Ponajprije se misli na gubitke energije koja se

ulaže u procese. Zbog toga je upravo ovo područje u novije vrijeme ono koje iziskuje najviše resursa u razvoju.

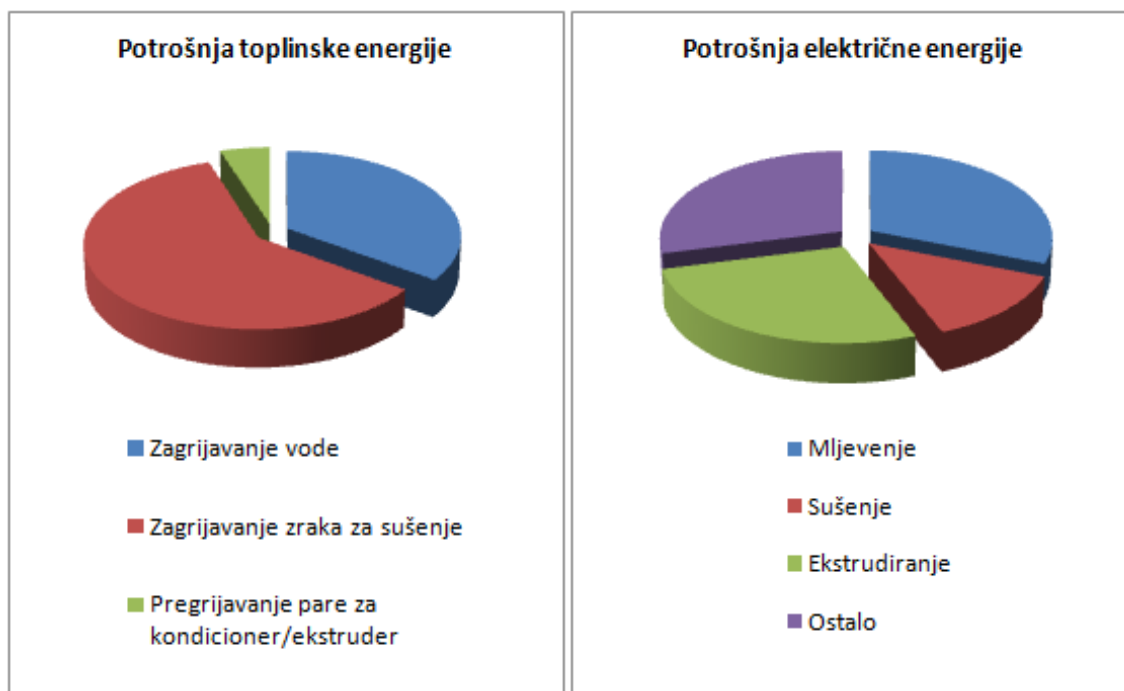
Još jedan u nizu trendova je i redukcija neugodnih mirisa. Neugodni mirisi postaju veliki problem u slučaju gradnje pogona u blizini naselja. Smještanje pogona blizu sjecišta važnijih prometnica u većim gradovima, a radi manjih troškova transporta sirovina i proizvoda dodatno je skrenulo pozornost na ovaj problem. Zbog toga se u zadnje vrijeme i ovome posvećuje pažnja.

## 7.1. ODRŽIVA PROIZVODNJA

Održiva proizvodnja je relativno novi pojam, a počeo se koristiti umjesto do sada uobičajenog pojma smanjenja troškova proizvodnje. Također, novi pojam u sebi sadrži i utjecaj proizvodnje na okoliš. Samo najveće svjetske tvrtke koje se bave proizvodnjom hrane za kućne ljubimce tek su unazad nekoliko godina počele intenzivno razmišljati o implementaciji ekološki prihvatljivih tehnologija i rješenja u proizvodnji. Da bi proizvodnja bila održiva, potrebno je restrukturirati pogone u samoj osnovi, odnosno na nivou energije, odnosno transformacije njenog oblika. Primjerice, tipičan proces ekstrudiranja sa sušenjem može trošiti čak do 380 kWh energije po toni gotovog proizvoda, od čega najveći udio otpada na proces sušenja. Slike 38. i 39. prikazuju ove odnose. [15]



**Slika 38. Potrošnja energije tijekom procesa ekstrudiranja i sušenja [15]**



**Slika 39. Udio potrošnje energije za različite operacije [15]**

Iz slike 39. se može primjetiti iznimno visok udio potrošnje energije za proces sušenja peleta. Na sušenje peleta otpada oko 60 % toplinske energije i dodatnih 13 % električne energije. Većina ovih ulaganja u obliku topline nepovratno se ispušta u okoliš. Upravo ovo je više nego dovoljan razlog za pronalazak rješenja za redukciju ovih ulaganja energije. [15]

#### **7.1.1. Recikliranje toplinske energije zraka iz sušare**

Kako je spomenuto, najveći potrošač energije u proizvodnji hrane za kućne ljubimce je sušenje ekstrudiranih peleta. Recikliranje zraka iz sušare može uštedjeti 20 do 100 kWh topline po toni gotovog proizvoda. Neka od rješenja za recikliranje toplinske energije zraka iz sušare jesu [15]:

- implementacija protustrujnog izmjenjivača topline za predgrijanje svježeg zraka za proces sušenja – recikliranje do 50 % topline,
- implementacija izmjenjivača topline za grijanje vode koja ulazi u smjesu i priprave hrane – recikliranje do 40 % topline,
- implementacija izmjenjivača topline za grijanje vode, zajedno sa visokotemperaturnom (80 do 110°C) toplinskom pumpom – recikliranje do 70 % topline i do 50% smanjenja neugodnih mirisa u zraku,

- implementacija izmjenjivača topline za grijanje vode cirkulirajućim zrakom iz sušare – recikliranje do 20 % topline i smanjenje preko 85 % neugodnih mirisa u zraku.

### **7.1.2. Omjer toplinske i mehaničke energije u procesu ekstrudiranja**

U procesu ekstrudiranja, ulazne energije su toplinska i mehanička, sa tipičnim omjerom 2:1. Unos velike količine mehaničke energije u proces utječe na troškove pogona stroja, a i ubrzano trošenje dijelova ekstrudera što konačno predstavlja i visoke troškove održavanja. Troškovi održavanja i pogona su za dva i pol puta veći od troškova povećanja unosa toplinske energije u slučaju povećanja omjera. [15]

Studija o ovim omjerima iz 2011. godine prikazuje primjere smanjenja unosa toplinske energije za 25 i 43 %. U primjeru gdje je smanjen unos toplinske energije za 43 % omjer ulaznih energija je bio 1:1. Rezultati testa sa ovim omjerom unosa energije prikazali su dramatično povećanje troškova pogona ekstrudera, te u nešto manjoj mjeri povećanje troškova održavanja. [15]

Svrha ovih testova bila je dokazati kako se povećanje učinkovitosti može postići dodatnim unosom toplinske energije. Ovo se odnosi na predkuhanje pripravka u kondicioneru i kuhanje u ekstruderu. [15]

### **7.1.3. Gubici topline i izravno ubrizgavanje pare**

Gubici topline u parovodima vrlo su bitan čimbenik kod održive proizvodnje. Studija iz 2011. godine ukazuje na nekoliko mjesta gdje se gubi značajan iznos toplinske energije. Ovi gubici jesu [15]:

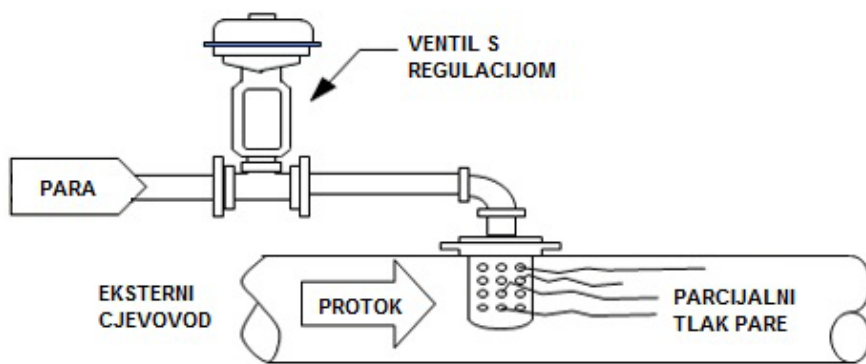
- gubici u dimnjacima (10 do 30 % ulazne energije),
- ispusni ventili (5 do 10 % topline isparivača),
- gubici kondenzata radi curenja poklopaca (do 10 % ulazne energije),
- para koja se oslobađa ispuštanjem kondenzata (5 do 10 %, ovisno o tlaku u parovodima),
- gubici kondenzata (do 2 % ulazne energije).

Prema studiji, sustav izravnog ubrizgavanja pare može smanjiti ove gubitke u značajnoj količini. Prednosti su višestruke [15]:

- smanjena potrošnja pare,

- znatno niži troškovi toplinske energije (preko 25 %),
- gotovo trenutni prijenos topline,
- rijeđe održavanje (sustav je samopročišćavajući),
- zagrijavanje fluida čije je zagrijavanje otežano (vrlo viskozni ili abrazivni fluidi),
- fino podešavanje i održavanje temperature (baždareno na 1°C),
- nema potrebe za povratnim vodovima za kondenzat.

Sustav izravnog ubrizgavanja pare je način zagrijavanja fluida korištenih u industrijskim pogonima, čiji se princip rada temelji na dodavanju pare fluidu (Slika 40.). [16]



**Slika 40. Princip rada sustava izravnog ubrizgavanja [16]**

Koristeći ovaj sustav, vrlo je jednostavno regulirati temperaturu fluida automatski. Očitava se temperatura grijanog fluida, a prema zadanoj vrijednosti, ventil s regulacijom propušta više ili manje pare, te na taj način drži fluid na željenoj temperaturi. Kako je prijenos topline izravan, regulacija je iznimno brza.

## **7.2. RJEŠENJA ZA REDUKCIJU NEUGODNIH MIRISA**

U proizvodnji hrane za životinje uvijek su prisutni neugodni mirisi koji nastaju pri procesima kao što su ekstrudiranje, te u većoj mjeri sušenje ekstrudata. Dok hrana za pse i mačke ispušta znatnu količinu neugodnih mirisa, ova je pojava daleko prisutnija pri proizvodnji hrane za ribe.

Mirisi u zraku su vrlo složeni jer su najčešće smjesa nekoliko stotina organskih tvari. Udio mase tvari koje uzrokuju neugodne mirise u zraku je vrlo nizak, ali



koncentracija mirisa<sup>7</sup> može biti vrlo visoka. Komponente neugodnog mirisa s najmanjim koncentracijama se ne mogu detektirati analitički, ali ih ljudski njuh može zapaziti. Zbog toga je nemoguće predvidjeti ili proračunati emisiju neugodnih mirisa tijekom proizvodnih procesa. [17]

Postoji nekoliko metoda redukcije neugodnih mirisa koje su podijeljene u slijedeće kategorije [17]:

- Dimnjaci – nisu toliko učinkoviti, ali je izvedba jeftina, te su prvi korak u redukciji mirisa.
- Ozonski plazma reaktor – radi sa 70 do 85 % učinkovitosti. Ova tehnologija ima relativno niske troškove implementacije, ali su troškovi pogona vrlo visoki.
- Biokemijske četke – učinkovitost je između 70 i 90 %, no troškovi implementacije i pogona su visoki.
- Biofiteri – učinkovitost između 70 i 95 %, te se često koristi zajedno s vodenim četkama. Zahtjeva puno prostora, a održavanje može biti skupo.
- Regenerativni termalni oksidator – vrlo skupa tehnologija, ali nudi učinkovitost između 90 i 98 %.
- Potpuni cirkulacijski sustav s ugljenim filterom – učinkovitost iznimno visoka, 98 do 99 %. Iako su početna ulaganja vrlo visoka, ovaj sustav se može implementirati na način da smanji potrošnju toplinske energije uz redukciju neugodnih mirisa.

Najnoviji trend u redukciji neugodnih mirisa je ubrizgavanje plazme u struju zraka s neugodnim mirisom. Ovaj proces ne koristi kemikalije niti stvara otpad. Princip rada se temelji na brzom oksidaciji molekula neugodnih mirisa. Oksidirane molekule se ne mogu detektirati organoleptički, te na taj način ne utječu na ljudski njuh.

Sustav ubrizgavanja plazme se sastoji od spremnika od nehrđajućeg čelika unutar kojeg su plazma reaktori. Kroz spremnik struji zrak iz pogona, velikom brzinom oksidira, a kao rezultat se dobivaju rastavljeni spojevi kisika i vodene pare. Nakon ovog koraka, formira se vrlo reaktivan plin koji se sastoji od nestabilnih atoma kisika, iona i

---

<sup>7</sup> Koncentracija mirisa se izražava u ou/m<sup>3</sup> (odor unit), a izražava broj potrebnih razrjeđivanja zraka s molekulama neugodnog mirisa sa čistim zrakom da bi se uklonio neugodni miris.

radikala, s povećanom razinom unutarnje energije. Ovaj se plin naziva aktivni kisik, a ima sposobnost brze oksidacije molekula neugodnih mirisa u struji zraka iz pogona. Nakon oksidacije, mirise je nemoguće osjetiti. [18]

Sustav nudi nekoliko prednosti nad postojećim tehnologijama [18]:

- visoka učinkovitost uklanjanja,
- nema mehaničkog trošenja,
- nema prisustva kemikalija u procesu,
- nema otpadnih tvari,
- niski troškovi implementacije i pogona,
- na proces ne utječe stanje u pogonu - temperatura, vlaga, prašina,
- nema utjecaja na proizvodnju, ne onemogućuje protok zraka,
- gotovo bez potrebe održavanja - jedan sat na 3000 sati rada,
- jednostavno korištenje,
- modularna gradnja, prilagodljivo bilo kojem proizvodnom pogonu.

## 8. ZAKLJUČAK

---

Bez obzira na aktualne trendove u svjetskoj ekonomiji, kada se mnoge tvornice zatvaraju i proizvodnje nepovratno propadaju, broj nezaposlenih vrtoglavo raste, a životni standard većine društvenih slojeva snižava, industrija hrane za kućne ljubimce uspijeva bilježiti porast u proizvodnji iz godine u godinu. Ova se činjenica sa velikom sigurnošću može pripisati porastu broja ljudi koje svoje kućne ljubimce tretiraju kao ravnopravne članove obitelji, a u skladu s time ih i hrane. Često je ovo i nauštrb kvalitete njihove vlastite prehrane.

Kako je oduvijek pravilo da potražnja određuje ponudu, tako se i ova industrija mora neprestano prilagođavati, i kvalitetom i kvantitetom. U skladu s time, nužno je razvijati nove postupke i metode projektiranja, koji će skratiti ukupno trajanje izrade projekata postrojenja za proizvodnju ove hrane.

Gornje obuhvaća sistematizaciju procesa u ovakvoj proizvodnji, te definiranje potrebnih strojeva i opreme, a na osnovi glavnih ulaznih podataka: vrste hrane i željenog kapaciteta njezine proizvodnje.

Upravo je u ovome radu prikazan način (postupak) oblikovanja sustava prema zahtijevanom kapacitetu proizvodnje, uzimajući u obzir sve projektne zahtjeve i

ograničenja. Projektiranje započinje s definiranjem funkcija unutar procesa (tehnologija), a zatim slijedi definiranje tipova strojeva potrebnih za proizvodnju. Tek po definiranju osnovnih potrebnih funkcija, može se pristupiti odabiru stvarnih strojeva i opreme, te napokon njihovom prostornom raspoređivanju. Prostorni je plan tada osnova za ostale projekte: arhitektonski, građevinski, električni, projekt plinskih instalacija i druge.

Svaka nesavršenost u postrojenju očituje se pogoršanjem karakteristika gotovog proizvoda, neostvarenošću željene proizvodnosti, a time finalno i profita. Zbog uklanjanja nesavršenosti u odvijanju procesa, u postrojenjima za proizvodnju hrane za kućne ljubimce uobičajen je vrlo visok stupanj automatizacije. Jedino se na taj način osigurava optimalan odnos parametara pri proizvodnji, uz vrlo rijetke greške u radu. U ovome su radu kroz opise procesa, a zatim i zbirno, definirani utjecaji pogrešno postavljenih radnih parametara strojeva na koje je potrebno obratiti pozornost pri projektiranju.

U današnje vrijeme, pri bilo kojem obliku projektiranja, a pogotovo projektiranja većih postrojenja koja troše znatne količine energije, vodi se računa o održivoj proizvodnji i utjecaju na okoliš. Iz tog se razloga nakon proračuna potrošnje energije vrše studije utjecaja na okoliš, te optimira proizvodnja kako bi se pojavljivalo što manje gubitaka ionako skupe energije. Zbog toga je u radu dan pregled novih trendova u proizvodnji hrane za kućne ljubimce, a sve u svrhu povećanja učinkovitosti ovakvih postrojenja.

Ovim se radom daje uvid u procese i tehnologije prisutne u proizvodnji hrane za kućne ljubimce, te opisuju početne faze projektiranja postrojenja. Tako može poslužiti kao osnova pri projektiranju postrojenja bilo koje veličine jer daje pregled ovisnosti osnovnih utjecajnih veličina o željenom kapacitetu i vrsti hrane. Također, opisani su i poslovni procesi u projektiranju koji se redovito pojavljuju i na koje je potrebno obratiti pozornost za dodatno skraćanje vremena izrade projekta.

Rad je nastao na osnovi boravka u projektantskom uredu, čija je djelatnost upravo proširiva iznijetim u ovome radu u pogledu opisanih procedura u planiranju i projektiranju, te povezanih poslovnih procesa. Trenutačno je posao podijeljen između nekoliko stručnjaka iz raznih područja, koji bi za učinkovitije projektiranje projektu trebali pristupiti istovremeno, no to još uvijek nije slučaj. Za ovo će biti potrebna još viša razina integracije, primjenom koncepta istodobnog inženjerstva, što podrazumijeva

i drugačiju raspodjelu poslova. U svome radu koriste se već standardnim softverima kao što su AutoCAD, Inventor, te uredski paket Microsoft Office.

Kroz rad je identificirano da u ovakvom postrojenju treba i do 20 vrsta strojeva, od kojih nekoliko i po više komada. Sve ovo utjecat će na konačnu investiciju, koja za ovdje opisano postrojenje može dosegnuti i do tri milijuna eura. Veći dio investicije odnosi se na strojeve i opremu, dok će gradnja objekta i kompletna izrada projektne dokumentacije uzeti tek nešto manji udio.

Budućnost projektiranja zasigurno donosi sve veću potrebu za ovakvim specifičnim projektnim „receptima“, kako u projektiranju postrojenja za proizvodnju hrane za kućne ljubimce, tako i u projektiranju svih ostalih postrojenja. Jer, jedino će se na ovaj način moći opstati na već sada vrlo zahtjevnom tržištu, biti konkurentan i biti u koraku s potražnjom, što je od posebnog interesa za nevelike projektantske urede.

---

## 9. LITERATURA

---

- [1] *Pet Food*, <http://www.madehow.com/Volume-2/Pet-Food.html#b> – Pristupljeno 2012-10-01
- [2] *Pet Food Production. Process Description*, <http://en.engormix.com/MA-feed-machinery/manufacturing/articles/pet-food-production-process-t177/p0.htm> - Pristupljeno 2012-10-02
- [3] *What's really in pet food*, <http://www.bornfreeusa.org/facts.php?more=1&p=359> – Pristupljeno 2012-10-07
- [4] Moldvay, C.: *IBISWorld Industry Report 45391: Pet Stores in the US*, 2012.
- [5] *Consumer Trends - Pet Food in Germany*, <http://www.ats-sea.agr.gc.ca/eur/5764-eng.htm> - Pristupljeno 2012-10-07
- [6] Kunica, Z.: *Automatizacija pakiranja - podloge za predavanja*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2011.
- [7] Katić, Z.: *Industrijska proizvodnja krmnih smjesa*, Agronomski fakultet, Zagreb, 1982.
- [8] *Design, Selection, and Use of TMR Mixers*, <http://www.extension.org/pages/62757/design-selection-and-use-of-tmr-mixers> - Pristupljeno 2012-11-02
- [9] Frame, N. D.: *The Technology of Extrusion Cooking*, Aspen Publishers, Inc., 1999.
- [10] *Melt processing and foaming of starch*, <http://www.ceb.cam.ac.uk/pages/pfg-alumni-nitin-nowjee.html> - Pristupljeno 2012-11-03
- [11] Jeftić, M.: *Završni rad*, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, 2011.

- [12] *Alibaba.com – Shopping search engine for small business*,  
<http://www.alibaba.com/> - Pristupljeno 2012-11-20
- [13] *Simetric - Density of materials - Bulk materials*,  
[http://www.simetric.co.uk/si\\_materials.htm](http://www.simetric.co.uk/si_materials.htm) – Pristupljeno 2012-11-21
- [14] Sekulić, D.: *Otprašivanje u tvornicama stočne hrane*, Ekonomsko-tehnički zavod Osijek, 1982.
- [15] *Target: Sustainable petfood processing*,  
[http://www.petfoodindustry.com/Target\\_sustainable\\_petfood\\_processing.html](http://www.petfoodindustry.com/Target_sustainable_petfood_processing.html) - Pristupljeno 2012-11-22
- [16] *Fundamentals of Direct Contact Steam Injection*, <http://www.hydro-thermal.com/jetcooker/howthejetcookerworks/directsteam injectionbasics.html> - Pristupljeno 2012-11-22
- [17] *Odor reduction solutions in petfood production*,  
[http://www.petfoodindustry.com/Odor\\_reduction\\_solutions\\_in\\_petfood\\_production.html](http://www.petfoodindustry.com/Odor_reduction_solutions_in_petfood_production.html) - Pristupljeno 2012-11-23
- [18] *Plasma-Injector: Cold plasma odor control*, <http://www.uniqair.com> - Pristupljeno 2012-11-23